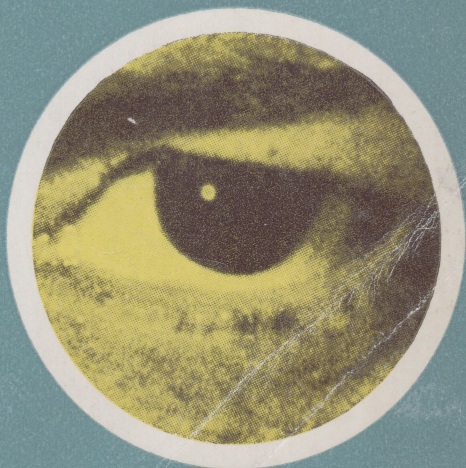
DR. J. VAN DIGGELEN

zelf sterren kijken

* de amateurastronoom aan het werk
* op verkenning aan de hemel
* boodschappen uit het heelal
* sterren waarnemen zonder kijker



* de sterrenwacht met een kijker
* de tijd van het proberen
* het bespieden der planeten
* de wereld van zon en sterren
* sterren fotograferen

Dr. J. VAN DIGGELEN

Zelf sterren kijken

Naast boeken zoeken vele amateur-astronomen naar mogelijkheden om hun interesse om te zetten in een meer directe activiteit. Zij willen met hun hobby hun vrije tijd vullen en zelf de wonderen van het heelal onderzoeken. Aan deze behoefte voldoet het boek van Dr. J. van Diggelen. Hij geeft een beschrijving van het vele dat met het blote oog kan worden waargenomen, vertelt hoe men zelf een draaiende sterrenkaart kan construeren, waarop alle bij ons zichtbare sterren voorkomen, en heeft in verband daarmee ook een *volledige sterrenatlas* voor onze breedten in zijn boek opgenomen. Vervolgens vertelt hij hoe men zelf met eenvoudige middelen een telescoop kan construeren en hoe men daar van alles mee kan waarnemen, zoals de kraters op de maan, de kanalen op mars, de satellieten van Jupiter en Saturnus en tal van andere interessante bijzonderheden. Het boek besluit met een hoofdstuk over sterfotografie en beschrijft de vele mogelijkheden die op dit gebied voor de bezitter van een eenvoudige camera zijn weggelegd.

Tal van illustraties tussen de tekst, tabellen en vele fraaie foto's, die de schrijver van over de gehele wereld verzamelde, zijn in dit verrassende boek opgenomen.

Dr. J. VAN DIGGELEN

ZELF STERREN KIJKEN

G. J. A. RUYS
UITGEVERSMAATSCHAPPIJ N.V.
BUSSUM

INHOUD

Woord vooraf 7

I. *De amateurastronoom aan het werk* 9

De sterren komen dichter bij - Wetenschap of hobby? - Met of zonder kijker? - Een grote of een kleine kijker? - Astronomische puzzles - Een eigen sterrenwacht - De eerste kennismaking - Eendracht maakt macht! - Wat is er werkelijk nodig?

II. *Op verkenning aan de hemel* 24

De weg aan de sterrenhemel - Eerst op verkenning - Afstanden aan de hemel - Van gradenboog tot sextant - Hoe bepaalt men de plaats van een ster? — Het draaien van de sterrenhemel - Het maken van een draaibare sterrenkaart - Op jacht naar planeten - De dampkring werkt tegen - De zwerver Mercurius.

III. *Boodschappers uit het heelal* 62

Er valt een ster! - Micrometeorieten vangen met magneet en grammofoonnaald - Het waarnemen van meteoren - Sterrenregens en eenzame meteoren - De Perseïden - De Quadrantiden - De Lyriden - De Orioniden - Een sterrenregen, die verscheen en... weer verdween - Vuurbollen - Hoogte en baan van een vallende ster - Radianten bepalen - Op zoek naar zenders in de dampkring.

IV. *Sterren waarnemen zonder kijker* 85

De viervoudige ster Algol - Sterverduisteringen waarnemen en voorspellen - Zonder kijker waarneembare Algol-sterren - Twee sterren, die elkaar raken - Pulserende sterren, die knipogen - De wonderlijke ster in de Walvis - Zelf afstanden meten van sterren - Verduisteringen van zon en maan - Poollichten.

V. *De sterrenwacht met een kijker* 109

Een grote of een kleine kijker? - Een reflector of een refractor? - Het bouwen van een eenvoudige lenzenkijker - De opstelling - Een kijker uit een bouwdoos - Spiegels slijpen - Koopkijkers, in soorten en prijzen! - Prismakijkers.

VI. *De tijd van het proberen* 132

De opstelling van een kijker - Wat presteert mijn kijker? - Testen met dubbelsterren - Het gebruik van verdeelde cirkels - Het gezichtsveld van de oculairen - Het keuren van een te koop aangeboden kijker.

VII. *Het bespieden der planeten* 147

De wereld van de maan - Bijzondere objecten op de maan - Helderheden en kleuren op de maan - Hoogte en bouw van de maanbergen - De raadselachtige Venus - Tekeningen van Mars - Wolken, sneeuw en plantengroei op Mars? - De reuzenplaneet Jupiter - Het spel der Jupitermanen - De planeet met of zonder ring - Titan de zichtbare, Rhea de zwakke en Japetus de raadselachtige - Naar de grenzen van het zonnestelsel - De kleine planeten.

VIII. *De wereld van zon en sterren* 198

Wat is een zonnevlek? — De echte sterren - Twee en meervoudige sterren - Veranderlijke sterren in soorten - Nevels en sterrenhopen - De raadselachtige staartsterren - Eenvoudige fotometrie - Sterren worden bedekt door de maan.

IX. *Sterren fotograferen* 226

Wat kan en wat niet kan - Meteoren waarnemen met een kleinbeeldcamera zonder parallactische opstelling - Sterren met iedere camera fotograferen! - Kometen en planetoïden opnemen - Het fotograferen van zon, maan en planeten - Kunnen we spectra maken? - Wat doen we met onze opnamen?

Wetenswaardigheden en tabellen 245

De steratlas - Het Griekse alfabet - De namen der sterrenbeelden - Lijst van dubbelsterren - Voornaamste met een kleine kijker zichtbare veranderlijke sterren - Messier's catalogus van nevels en sterrenhopen - Literatuurlijst - Register.

WOORD VOORAF

De twintigste eeuw is de eeuw van de ruimtevaart geworden en aan alle kanten valt er een toenemende belangstelling te constateren voor de werelden, die ons omringen. Niet alleen de maan en de planeten, maar ook andere onderdelen van de sterrenkunde zijn mede door de stimulans van de ruimtevaart in de algemene belangstelling gekomen. Er is een grote vraag naar lectuur over sterrenkunde en alles wat daarmee verband houdt.

Naast boeken echter, zoeken velen naar mogelijkheden om hun interesse om te zetten in een meer directe activiteit. Zij willen met deze hobby hun vrije tijd vullen en zelf de wonderen van het heelal aanschouwen, waar de boeken over schrijven, die de mooie plaatjes laten zien en waar de ruimtevaarders uiteindelijk heen willen. Zij willen amateurs worden en voor hen is dit boek in de eerste plaats bestemd, maar misschien kan het ook bruikbaar zijn bij het onderwijs in de cosmografie, waar juist voor het actief bezig zijn van de leerlingen goede handleidingen ontbreken.

Voor de beginnende liefhebber bevat dit boek alles over de talrijke verschijnselen, die hij zonder kijker kan waarnemen en de metingen, die hij met zeer eenvoudige hulpmiddelen kan verrichten. Een onderdeel van een der hoofdstukken is de constructie van een draaibare sterrenkaart, terwijl natuurlijk traditionele onderwerpen, zoals kijkerbouw, niet ontbreken. De ontwikkeling van het sterrenkundig werk door amateurs in België en Nederland is mede een stimulans geweest voor het schrijven van dit boek. Vooral de nauwe samenwerking met de Werkgroep Meteoren moet worden genoemd, waardoor er ook een geheel hoofdstuk is gewijd aan dit voor amateurs zo interessante onderdeel van de astronomie. Sterbedekkingen en veranderlijke sterren zijn echter niet vergeten, terwijl een groot deel van het boek gewijd is aan de verschillende soorten waarnemingen, die men met een eenvoudige kijker kan verrichten, zoals helderheidswaarnemingen op het maanoppervlak, tekeningen van wolken en vlekken op Mars en interessante verschijnselen van de maantjes van Jupiter en Saturnus. Natuurlijk

worden kometen, dubbelsterren en nevelvlekken besproken, zonder dat er echter naar volledigheid is gestreefd.

Het boek besluit met een hoofdstuk over sterfotografie, waarbij ook een zeer sterke beperking moest worden in acht genomen, die echter gedeeltelijk gecompenseerd wordt door de interessante foto's, die door een aantal amateurs ter beschikking zijn gesteld en die laten zien wat er ook hier voor de gewone man is te bereiken.

Hoewel dus niet bedoeld als instructieboek voor gevorderde waarnemers of vakastronomen en dus ook zonder wiskunde, kan toch de inhoud ook voor de vakman van belang zijn al was het alleen maar doordat hij kennis neemt van wat er door liefhebbers bereikt is en kan worden.

Voor de constructie van de sterrenkaart bevat dit boek een complete atlas van alle bij ons voor het blote oog zichtbare sterren, terwijl uiteraard een groot aantal tabellen en figuren het geheel completeren.

Op deze plaats past tenslotte een woord van dank aan allen, die de schrijver zo spontaan hun volledige medewerking gaven bij de uitvoering, in het bijzonder de amateurs van Dijk (voor een aantal foto's), Mak (voor foto's en gegevens over sterbedekkingen), Meeus (een Belgische bijdrage), ds. Swijnenburg (in het bijzonder voor een aantal tabellen en de gegevens van de maantjes van Jupiter), verder de beide Amerikaanse amateurs Eastman en Keene, enkele vakastronomen en de heer P. van Diggelen, die de tekst enkele malen kritisch heeft doorgelezen.

J. van Diggelen

I. DE AMATEURASTRONOOM AAN HET WERK

De sterren komen dichter bij — Wetenschap of hobby? — Met of zonder kijker? — Een grote of een kleine kijker? — Astronomische puzzles — Een eigen sterrenwacht — De eerste kennismaking — Eendracht maakt macht — Wat is er werkelijk nodig?

De sterren komen dichter bij

Op iedere heldere avond prijkt de hemelkoepel met haar vele lichtpuntjes boven onze hoofden. Eeuwenlang reeds trekken de onbereikbaar verre sterren de aandacht van de mensen. Ver verheven boven het aardse gewoel, wekten zij reeds in de geest van de meest primitieve volken diepere gevoelens wakker van idealen van onsterfelijkheid, eeuwigheid en almacht. Zij werden aangebeden als godheden en het was dan ook geen wonder, dat men zich daar bij die sterren de hemel voorstelde als een daarboven echt bestaande plaats, waar alles wat hier op aarde niet in vervulling was gegaan tot werkelijkheid kon worden.

De ontdekkingen van de laatste eeuwen hebben echter in een steeds voortgaande ontwikkeling deze schone illusies teniet gedaan. Eerst werd de materiële hemel boven ons van haar verheven voetstuk afgelicht en met haar mindere, de aarde, verenigd tot een gelijkwaardig geheel. Die aarde bleek niets anders te zijn dan een van de vele hemellichamen en lang niet het grootste. Het is een door de zon verlicht ongeveer bolvormig lichaam, waarop het leven in al zijn variaties geheel afhankelijk is van de honderdvijftig miljoen kilometer ver wegstaande zon, die op haar beurt slechts een is van de talrijke sterren, grotere en kleinere, die het heelal bevolken. Bovendien bleek de aarde niet de enige planeet te zijn, die haar baan om de zon beschrijft, maar er zijn nog meer van die donkere bolvormige sterren, die men planeten noemt en die aan de hemel alleen als heldere sterren verschijnen omdat de zon ze verlicht. Zij nemen een gelijkwaardige positie in als onze aarde. Nu beleven wij het in de twintigste eeuw, hoe de mens de bijna

onoverkomelijke barrière, die hem van de schijnbaar onbereikbare sterrenwereld scheidt, begint te doorbreken. Weliswaar zijn het nu nog slechts zijn onbemande raketten, die letterlijk ten hemel varen en reeds de maan hebben bereikt, maar spoedig zullen ook de aardbewoners zelf in deze voortsnellende monsters plaatsnemen om een begin te maken met de verovering van het heelal. De aarde is niet ver meer verwijderd van de sterren, die zich daarboven in een verre hemel bevinden, maar zij vormt er een deel van, zij is ook een hemellichaam. Zo is ook de kennis van de wereld der sterren voor ons niet langer meer een wetenschap over bovennatuurlijke lichamen in een vreemde omgeving. Alleen de in de sterrenkunde of astronomie nog algemeen gangbare uitdrukkingen als hemelbol voor het sterrengewelf boven ons en hemellichamen voor de voorwerpen, die het heelal bevolken, vormen een blijvende herinnering aan de theologische aspecten, die eenmaal de sterrenwereld met de hemel in verbinding brachten.

Wetenschap of hobby?

Er komen steeds meer mensen, die zonder wetenschappelijke opleiding en zonder uitgebreide kennis aangetrokken worden door de geheimen van de lichtpuntjes op de hemelbol boven hen. Er gaat op een heldere avond een grote aantrekkingskracht uit van het schijnbaar met sterrenlichtjes bezaaide gewelf, waarvan soms een aantal door het schijnsel van de maan wordt uitgedoofd. Ongetwijfeld zult u dat ook wel eens ondervonden hebben op een wandeling of een fietstocht ver van de kunstmatige verlichting van onze grote steden in het diepe duister van een heldere sterrenavond of in de rustige stilte van een onbewolkte vroege wintermorgen. Hoe vaak gebeurt het niet, dat dan de aandacht van de peinzende mens onbewust omhoog wordt getrokken naar de daarboven zichtbare heldere en zwakkere sterren.

Plotseling schrikt hij op uit zijn gemijmer.... er flitst een licht; er schijnt zich temidden van zovele andere een lichtpuntje losgemaakt te hebben, dat in bliksemsnelle vaart langs de hemel schiet: daar valt een ster! Maar voor de verraste toeschouwer zijn wens heeft kunnen doen, is het reeds weer verdwenen, terwijl het misschien in zijn gedachten een aantal vragen achter

laat: wat was dat, waar kwam het vandaan, waarheen is het verdwenen?

Wij leven in een tijd waarin het voor bijna iedereen mogelijk is zonder veel moeite een oplossing te vinden voor de meeste van deze vragen. Niet altijd zal dat het juiste antwoord zijn, want ook van het heelal is onze kennis nog niet volledig, maar toch kunnen wij ons in veel gevallen althans een denkbeeld vormen van wat er gebeurt. In grote en kleine sterrenwachten, sommige gelegen op hoge bergen, andere temidden van parken in het hart van drukke steden, wordt de sterrenwereld voortdurend bestudeerd en de astronomen hebben door hun werk de sterrenkunde tot een veelomvattende tak van wetenschap gemaakt. Wij weten veel van het heelal en van de sterren en in allerlei boeken hebben wij die kennis verzameld. Niet alleen voor de vakgeleerden zijn ze geschreven, maar ook voor de vele duizenden, die ondanks een tekort aan wetenschappelijke opleiding, nieuwsgierig zijn naar alles wat men weet van planeten, nevels en sterren. Ook voor hen is er lectuur genoeg. In allerlei talen, en ook in het Nederlands, zijn er heel wat populaire boeken geschreven over sterrenkunde. Het is daarom niet in de eerste plaats de bedoeling van dit boek om dat aantal alleen maar met nog één te vergroten.

Wanneer iemand zich aangetrokken voelt tot de sterrenkunde, zal hij ongetwijfeld verlangen zijn interesse om te zetten in daden. Wanneer hij jong is en de mogelijkheden zijn aanwezig, kan hij dat doen door in de sterrenkunde te gaan studeren. Na een universitaire opleiding wordt men dan astronoom. In Nederland en België is het aantal astronomen, dat aan sterrenwachten werkzaam is echter zeer gering. Desondanks zijn er wel kansen, vooral in het buitenland, maar dit alles zal slechts voor weinigen van ons van belang zijn.

Voor velen zal het niet mogelijk zijn om zich werkelijk met de sterrenkunde als wetenschap bezig te houden. Toch zouden zij graag actief uiting geven van hun belangstelling voor de astronomie, die voor hen meer een hobby is dan een wetenschap. Zij noemen zich amateurs, maar ze kunnen in bepaalde gevallen soms met de beroepsastronomen concurreren. Er zijn namelijk in onze tijd zoveel technische mogelijkheden, dat iedere vlijtige knutselaar vaak met een miniem bedrag aan geld in staat is interessante hulpmiddelen te maken, waarmee hij

niet alleen zijn vrije tijd kan vullen, maar bovenal zijn belangstelling voor de sterrenkunde kan uitleven. Het is mogelijk om zelf een sterrenwacht te bouwen, die natuurlijk niet zal kunnen wedijveren met de grootste instituten op dit gebied, maar misschien wel met sommige kleinere, die ook vaak met een zeer beperkt budget en met niet al te grote hulpmiddelen moeten trachten wetenschappelijk belangrijk werk te verrichten onder dikwijls verre van ideale omstandigheden, zoals lastig kunstlicht en andere hinderlijke storende invloeden. Bovendien heeft een amateur nooit de plicht om werkelijk actief wetenschappelijk werk te verrichten. Hij kan zuiver uit belangstelling voor de sterrenkunde zijn instrumentarium met de middelen, die hij heeft, inrichten en vergroten en op deze wijze de sterrenwereld alleen maar waarnemen en bewonderen.

Met of zonder kijker?

Het is allereerst de bedoeling van dit boek om te trachten voor iedereen een aantal van de bijna onbeperkte mogelijkheden te schetsen, die er bestaan om belangstelling voor de sterren te activeren. Het is niet nodig voor deze hobby, dat we over ruime financiële middelen beschikken. Wanneer de astronomie voor ons een liefhebberij moet blijven, is dat misschien zelfs ongewenst. Het is ook niet nodig, dat we een kijker hebben om de sterren dichterbij te halen; zonder optische hulpmiddelen kunnen we ongetwijfeld ook een groot aantal interessante waarnemingen doen. Men schat, dat er waarschijnlijk meer dan 50 000 amateurs zijn, die een eigen kijker bezitten. Hiervan zijn er echter hoogstens 500 die systematisch waarnemingen doen en hun kijker ook echt gebruiken. Niet het bezit van een kijker is dus een doorslaggevende factor om door eigen activiteit meer te weten te komen van de sterren. In de vorm van het menselijk oog heeft ieder van ons een instrument, dat voor geen enkel bedrag te koop is. De knutselaar kan zelfs als hij niet zo handig is met zeer eenvoudige hulpmiddelen zijn astronomische belangstelling op een hoger plan brengen. Het is een merkwaardig feit, dat er duizenden bladzijden volgeschreven zijn in allerlei boeken met instructies en raadgevingen voor het bouwen van kijkers, maar dat de bladzijden, die toelichten, hoe de liefhebber deze vaak met veel moeite en geduld gebouwde

fraaie kijkers, effectief kan gebruiken, slechts zeer beperkt in aantal zijn. Wij zullen dan ook niet alleen het bouwen van kijkers aan de orde stellen, maar ook andere instrumenten noemen en bovenal de nadruk leggen op wat men er mee kan doen.

In de eerste hoofdstukken zullen wij allerlei mogelijkheden nagaan voor de amateur, die geen kijker bezit en het zal u verbazen hoe veel er te zien is en gedaan kan worden zelfs tot wetenschappelijk waardevol werk toe, door ieder, die dat wil en die er het nodige geduld en de nodige belangstelling voor heeft.

Zonder kijker kunt u een groot aantal sterren waarnemen. U kunt de regelmatige beweging er van volgen en tegelijk de grillige lussen, die de planeten tussen die sterren beschrijven. Heeft u Mercurius, de planeet, die het dichtst bij de zon staat, al eens werkelijk aan de hemel gezien? Zegt men niet, dat de grote astronoom Copernicus aan het einde van zijn leven zich er over beklaagde, dat hem dat nooit was gelukt? Ieder jaar wordt dat in ons land met zijn groeiende steden en steeds toenemende storende straatverlichting een moeilijker opgave. Toch is het mogelijk deze planeet op te zoeken en verscheidene dagen achter elkaar te volgen.

Maar ook de echte sterren bieden veel interessante dingen. Hemellichamen, groter dan de aarde, die in rusteloze wenteling hun baan om een gemeenschappelijk zwaartepunt beschrijven kunnen, wanneer die baan in een gunstige stand ligt ten opzichte van de aarde, elkaar af en toe bedekken. Sommige van dergelijke sterverduisteringen kunt u zonder kijker volgen. Deze sterren lijken veranderlijk in helderheid, maar het zijn geen echte veranderlijke sterren, die ook bestaan. In dat laatste geval is de veranderlijke helderheid van de ster een gevolg van processen, die zich in het hemellichaam zelf afspelen. Ook van dit soort sterren zijn er sommige zonder optische huplmiddelen te zien. Reusachtige gasbollen, zoals de Cepheiden, die als een kloppend hart voortdurend pulseren, beurtelings inkrimpen en weer uitzetten en daarbij van helderheid veranderen, vormen een van de soorten die er bestaan onder de veranderlijke sterren.

Hebt u de Andromedanevel al eens kunnen vinden? Het is een sterstelsel van dezelfde orde van grootte als onze eigen melkweg, voor mensen zonder kijker zichtbaar als een wazig nevelvlekje. Een eiland van sterren in het heelal, dat zover weg

is, dat het enorm snelle licht toch een miljoen jaar onderweg is voordat het onze ogen bereikt.

Misschien klaagt u lezer, dat u geen geschikte sterrenkaart hebt om dit alles te kunnen vinden. Daarvoor is een eenvoudige oplossing: maak er zelf een. In dit boek kan men er een uitgebreide handleiding voor vinden.

De flitsende meteoren vormen een onuitputtelijke bron van genoegen en bezigheid voor de sterrenvriend zonder kijker. Het systematisch waarnemen er van kan nog allerlei wetenschappelijk belangrijke resultaten opleveren, zoals in de laatste tien jaar wel is gebleken.

Wij zouden zo kunnen voortgaan. Allerlei metingen en waarnemingen kan men doen zonder kijker of met hulpmiddelen, die men zeer eenvoudig kan maken. Op deze wijze zult u tenslotte niet alleen uw kennis van de sterrenwereld verdiepen, maar ook in de komende decennia de eerste tochten van de ruimtevaarders beslist gemakkelijker kunnen volgen, dan alleen maar uit de verslagen van buitenstaanders.

Wanneer het blijkt, dat de sterrenkunde een serieuze liefhebberij voor u wordt, dan pas is het ogenblik gekomen om een kijker aan te schaffen. Ook dat behoeft geen kwestie van een grote uitgave te zijn. Met een beetje handigheid kunt u zich voor een gering bedrag eigenaar noemen van een voor een amateur bruikbaar instrument. Natuurlijk is dat geen kijker, zoals die door grote firma's met wereldnaam, die optische instrumenten bouwen, worden vervaardigd. Maar zo'n kijker kost dan ook veel meer, terwijl het aanschaffen er van alleen voor een liefhebberij niet voor ieder mogelijk is. Bovendien kan men als men met voldoende geduld zelf een spiegel wil slijpen, ook een betere kijker bouwen. Ontbreekt u dat geduld, dan kunt u ook een goede lens kopen voor wat meer geld en dan een uitmuntende lenzenkijker maken. Als de sterrenkunde uiteindelijk zo aantrekt, dat die hobby meer waard is dan bijvoorbeeld de prijs van een televisietoestel, dan is het mogelijk een prachtige sterrenkijker aan te schaffen. Veel van de mogelijkheden, die er op dit gebied zijn, zijn te vinden in de hoofdstukken over kijkers.

Een grote of een kleine kijker?

Een amateur, die een kijker gaat bouwen, stelt zich vaak maar

één ding voor ogen: een zo groot mogelijke, waarmee hij zoveel mogelijk kan vergroten! Het is dus allerminst overbodig de nadruk te leggen op het feit, dat een sterrenkijker helemaal niet groot behoeft te zijn. Het is niet zo, dat een groot instrument met een flinke opening en een sterke vergroting voor een amateur zoveel meer presteert dan een kleine kijker.

De grootte van een kijker hangt niet af van zijn uiterlijke lengte. Het belangrijkste is de opening van de kijker, dat is de diameter van de buis of juister, de diameter van de voorste lens, het objectief. Hoe groter dat objectief is, hoe meer licht er in de kijker valt, waardoor men zwakkere sterren kan zien en ook een grotere vergroting kan toepassen. Daardoor is er een groot verschil tussen een kleine kijker en onze natuurlijke kijker, het menselijk oog. Maar het verschil tussen bijvoorbeeld een instrument met een objectief van 6 cm (dat is dus de diameter) en een grote kijker met een 15 cm objectief is, vergeleken met de veel hogere prijs, die zo'n kijker kost, voor de amateur veel geringer. De omstandigheden van ons klimaat, dat in het algemeen slecht is voor waarnemingen, en de dure stabiele opstelling, die voor een groot instrument ook beslist noodzakelijk is, maken het bezit van een kostbare grote kijker lang niet altijd te verkiezen boven dat van een goedkopere, maar voor een liefhebber even goed bruikbare kleinere kijker.

Astronomische puzzles

Het is niet de bedoeling in dit eerste hoofdstuk uit te weiden over kijkers. Het is wel nodig er op te wijzen, dat er weinig technische instructies in dit boek staan; ook die amateurs, die zonder kijkers te bezitten alleen maar iets willen lezen over sterren en planeten zullen er veel van hun gading in kunnen vinden.

Bovendien is er nog een andere categorie liefhebbers, waartoe u misschien ook behoort? Zij kunnen beslist niet werken met metaal of karton, maar wel met papier. Zij zetten zich achter hun schrijftafel en hun belangstelling gaat uit naar al die puzzles, waarbij inzicht nodig is en waarvoor ook een klein beetje cijferwerk wordt vereist. Ook op dit terrein zijn er mogelijkheden in het uitgebreide veld van het sterrenkundig onderzoek, ook voor amateurs.

Een van de meest bekende verhalen uit de sterrenkunde, dat men in vrijwel alle populaire boeken kan vinden, is de ontdekking van de planeet Neptunus door Leverrier. Het feit, dat de plaats van een volkomen onbekende planeet eerst door berekeningen bepaald werd en dat deze pas daarna in een kijker ontdekt werd en toen ook inderdaad vrijwel op de van tevoren berekende plaats stond, doet vele liefhebbers van de sterrenkunde met bewondering opzien naar de man, die deze prestatie na dagenlang cijferen volbracht.

Het bepalen van banen van planeten en kometen, het vooruitberekenen van hun posities, al deze dingen schijnen op een terrein te liggen, dat door de meeste amateurs als een voor hen onbereikbaar gebied wordt beschouwd. Daarom schijnt het interessant, terwijl het bovendien nog in de nevelen van de wiskunde gehuld is.

Toch is er ook voor de amateur de mogelijkheid van rekenwerk. Natuurlijk wordt bij dit rekenen gebruik gemaakt van wiskunde, maar er is toch een belangrijk verschil met het soort rekenwerk, dat bij planeten en kometen te pas komt. Ieder, die beschikt over de gewone wiskunde kennis, die de middelbare school geeft, is hier in staat om mee te werken. De gemiddelde schrijftafelamateur kan beschikken over een onuitputtelijk arbeidsveld, waar hij zijn tekenkwaliteiten in allerlei vorm kan demonstreren in kleurige grafieken, waar hij gewapend met papier, potlood en rekenliniaal zelfs waardevol wetenschappelijk werk kan verrichten.

Al behoeft hij in wiskundekennis Leverrier niet te evenaren, in een ander opzicht zal hij dat wel moeten: in ijver en volharding. Hij zal hetzelfde onuitputtelijke geduld moeten hebben, als de kijkerbouwer, die zijn spiegel slijpt en hij mag niet versagen als het soms blijkt, dat bepaalde berekeningen meerdere malen moeten worden overgedaan.

De meest interessante dingen zijn af te leiden uit eigen waarnemingen of uit die van anderen of uit fotomateriaal dat met grote instrumenten is vervaardigd. Voor de liefhebber van dit puzzlewerk zijn er tal van wenken in dit boek te vinden, waarbij hij misschien een aantal nieuwe mogelijkheden zal tegenkomen, vooral voor het uitwerken van zijn eigen waarnemingen. De eenvoudige knutselende amateur, bij wie alle formules herinneringen opwekken aan ver verwijderde en snel

vergeten schooldagen, kan zonder bezwaar dit boek lezen, want er komt geen wiskunde in voor. Natuurlijk drukt de vakman zich graag door beknopte formules uit, maar toch staat hij zelf steeds weer verbaasd, hoeveel men kan begrijpen, verklaren en uitrekenen, ook op het gebied van de hemelverschijnselen, met de eenvoudige rekenkennis van de lagere school.

Een eigen sterrenwacht

De amateur in de sterrenkunde, die zijn liefhebberij met genoegen wil gaan beoefenen, zal trachten, zodra hij een of meer instrumenten heeft gebouwd, in het bijzonder als hij in het bezit is gekomen van een kijker, hoe klein die ook zijn mag, het gebruik van al deze dingen zo plezierig mogelijk te maken. Het is een bekend feit, dat een kijker, die niet voor direct gebruik gereed staat, dikwijls niet gebruikt zal worden, ook al zijn de omstandigheden gunstig voor waarnemen, want sterren en planeten zal men meestal in de avonduren moeten bekijken. De meeste van ons zijn nu eenmaal in het algemeen niet in staat hun nachtrust hieraan op te offeren als hen de volgende morgen soms weer tijdig een zware dagtaak wacht. Wanneer we dan na ons werk 's avonds willen gaan waarnemen, dan moeten we allereerst zorgen, dat dit zonder grote moeilijkheden gaat. Het is daarom van het allergrootste belang geen kijker aan te schaffen, die niet bij uw omstandigheden past. Wil men een grote kijker hebben dan moet men ook zorgen voor een vaste opstelling op een geschikte plaats, op het dak of in een tuin. Het zal dan nodig zijn zelf een sterrenwachtje in te richten. Maar ook als u een kleinere kijker hebt, of een spiegeltelescoop, die in het algemeen gemakkelijker verplaatsbaar is dan een lenzenkijker, dan nog is het prettig 's avonds niet zo te moeten sjouwen, dat u maar al te vaak tegen zo'n vermoeiend karweitje opziet. Het is dus een ideaal om een eigen sterrenwachtje te kunnen inrichten, hoe eenvoudig ook.

U zult hierin niet de eerste zijn, want er zijn u reeds heel wat liefhebbers voorgegaan. Niet alleen in Amerika waar men allerlei aardige ideeën op dit gebied heeft uitgewerkt (waarschijnlijk zonder bouwvergunning!), maar ook in België en Nederland zijn er heel mooie amateursterrenwachten, waarvan

enkele foto's tonen op hoeveel verschillende manieren de liefhebber zijn kijker huisvest.

Op een plaatje herkent men een sterrenwacht meestal direct aan een of meer koepelvormige uitstekende gebouwen, waarin de kijkers staan. Bij de amateursterrenwachten is dat niet altijd zo. Het zelf maken van zo'n koepel is geen eenvoudig karweitje. Het is wel eens gedaan door een enkele amateur, maar voor de meesten is het te ingewikkeld en er zijn eenvoudiger oplossingen. Natuurlijk zijn er ook firma's, die koepels leveren, maar dat zijn er slechts weinig; zelfs voor een echte sterrenwacht valt het soms niet mee een geschikte firma te vinden, die in staat is een dergelijk project passend uit te voeren. Meestal zal de amateur dan ook een oplossing zoeken in de vorm van een plat dak, dat in een of twee delen van de waarnemingshut kan worden afgeschoven. Dergelijke gebouwtjes met een afrolbaar dak zijn eenvoudig zelf te maken. Een bezwaar is dat men om zoiets te plaatsen altijd eerst de nodige vergunningen moet hebben, wat soms lang duurt. Daarvoor stelt u zich in verbinding met bouw- en woningtoezicht in uw gemeente. Een eenvoudig bouwschema is gemakkelijk te geven (fig. 1) en moet bij een aanvraag om vergunning worden ingediend. De maten kan men natuurlijk aan eigen omstandigheden aanpassen. De put midden in het gebouwtje dient als fundering voor een zuil, waarop de kijker en eventuele hulpinstrumenten worden bevestigd. Als we over de put een stevig houten deksel plaatsen, los van de zuil, dan kunnen we rustig om ons instrument heenlopen, zonder dat bij het waarnemen de beelden door het gezichtsveld springen door de geringe trillingen, die altijd bij bewegingen ontstaan. Daarom moet de vloer waarop men loopt los staan van de fundering van de kijker. Deze laatste maakt men bij voorbaat van beton. Bij het plaatsen van een kijker op een dak moet men er terdege mee rekenen, dat de trillingen van de bodem en van een huis, veroorzaakt door passerend verkeer, hoog in het gebouw dus op het dak zeer sterk zichtbaar zijn en vaak het plaatsen van een kijker verhinderen. Mijn eigen kijker, die op een betonnen fundering op de begane grond staat, trilt praktisch niet, terwijl een veel kleinere kijker op mijn zolder voor het open raam opgesteld, volkomen onbruikbaar blijkt te zijn tengevolge van de door het autoverkeer veroorzaakte trillingen op een 100 meter verwijderde rijksweg. Neem dus op

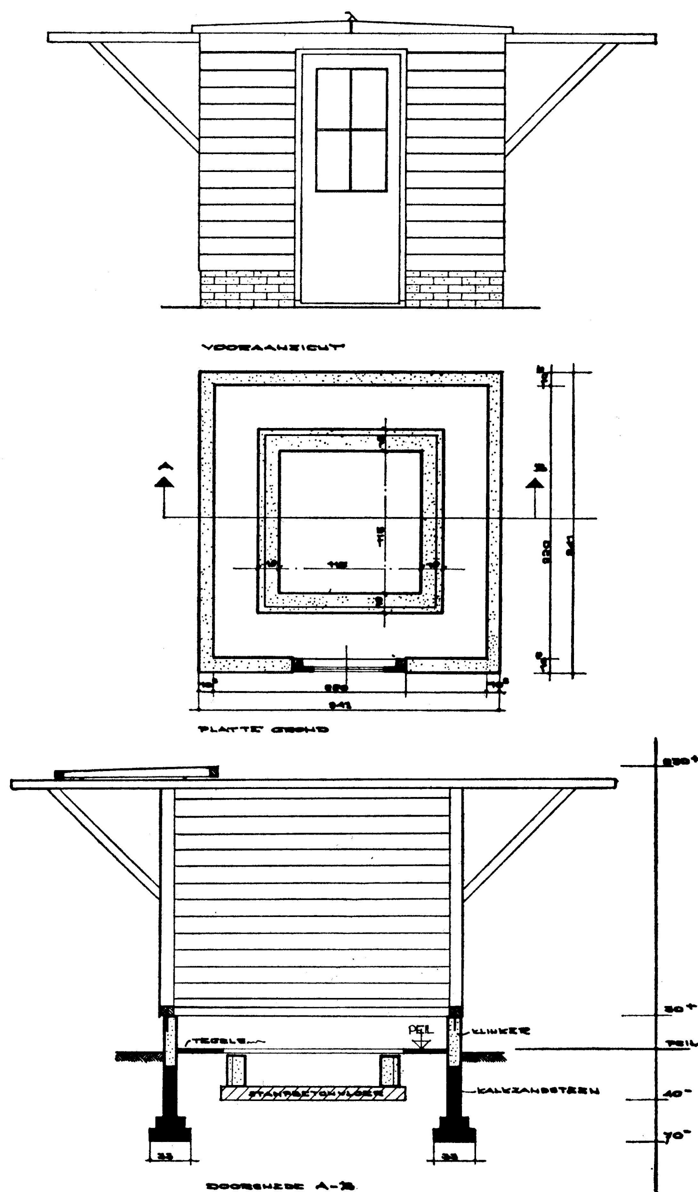


Fig. 1. Een ontwerp voor de amateur, die een eenvoudige sterrenwacht met een afrolbaar dak voor zijn eigen kijker wil bouwen. Naar een ontwerp van de heer de Vries te Abcoude.

uw dak eerst steekproeven alvorens veel geld of moeite nutteloos te besteden!

Is het onmogelijk op het dak of in de tuin een eigen sterrenwachtje in te richten, dan kunt u ook trachten een kijker in de open lucht op te stellen en deze met een hoes van zeildoek of plastic af te schermen. Men moet dan echter toch van tevoren op de uitgekozen plaats een fundering aanbrengen, zodat de kijker stabiel staat en niet kan wegzakken. De opstelling van het instrument zelf zullen we later aan de orde stellen, maar we kunnen niet voldoende herhalen, dat een vaste stabiele opstelling van het grootste belang is. Het is veel prettiger werken met een goed opgestelde kleine kijker, die gemakkelijk te hanteren is, dan met een groot instrument, dat niet al te stevig staat en bij iedere passerende auto begint te trillen. Als men bovendien nog eens begint te fotograferen dan is een goede opstelling daarvoor ook gewenst. Als u dus geld wilt uitgeven voor uw liefhebberij, besteed dat dan niet alleen aan de kijker zelf, maar reken er op dat de opstelling ook goed verzorgd moet zijn, anders zult u van die liefhebberij meer verdriet dan plezier beleven!

Maar misschien is al het bovenstaande slechts een illusie, omdat u tot die grote categorie mensen behoort, die niet kunnen beschikken over een eigen tuin of een eigen dak. Toch is er dan ook een oplossing te vinden voor het plaatsen van een eigen gebouwd kijkertje. In de meeste gevallen zal er toch wel een balkon zijn of desnoods een raam dat op het zuiden uitziet. Zelf heb ik jaren lang met veel genoegen waargenomen met een eenvoudig zelf gebouwd instrument, waarvan de opstelling (van hout) zo gemaakt was dat deze precies op de richel van de vensterbank paste, zodat ik met één handbeweging de kijker op een vaste plaats in het wijd geopende raam kon plaatsen. Al kan men nu geen zware 10 cm lenzenkijker aanschaffen, omdat deze niet is te plaatsen, toch is er nu met het kleine kijkertje genoeg te doen tot fotografie toe. Wanneer al uw ramen op het noorden uitzien, dan is er maar een uitweg: zet de kijker in een park of desnoods op straat op een driepoot, die men kan meenemen en neem de nieuwsgierigheid van het publiek op de koop toe. Maar dat is dan ook wel het allerongunstigste geval!

De eerste kennismaking

Zoals op meer terreinen in ons leven is ook bij de sterren de eerste kennismaking vaak de moeilijkste stap, maar dikwijls ook de beslissende. De beginneling, die zich aangetrokken voelt tot de sterrenwereld vraagt zich af, wanneer hij in een boek als dit begint te lezen of te bladeren: wat moet ik allemaal weten om dit te kunnen lezen of te kunnen doen? Het antwoord op deze vraag is eigenlijk erg eenvoudig: het is zeker niet mijn bedoeling een leerboek over sterrenkunde in populaire vorm te geven en daarom zijn er ook onderwerpen, die u hier niet zult vinden. Zelfs zullen er daaronder zijn, die ook voor amateur-waarnemingen goed bruikbaar zijn, maar het is nu eenmaal nooit mogelijk om volledig te zijn. We nemen daarom al aan, dat onze lezers waarschijnlijk wel enkele populaire boeken over sterrenkunde hebben doorgelezen of anders raden wij u aan, dat met spoed te doen. In de literatuurlijst zijn de titels te vinden van geschikte werken. Men zal dan vanzelf aangetrokken worden tot een of meer speciale onderwerpen en dan kan men met de in dit boek gegeven methodes en aanwijzingen zelf meer van de gekozen materie te weten komen door eigen werk. Eigenlijk is er verder geen uitgebreide kennis nodig, want iedere lezer zal uiteindelijk zich richten naar die gebieden van de astronomie, die hem het beste liggen op grond van zijn capaciteiten, of die nu meer op manuaal of op geestelijk gebied tot uiting komen.

Eendracht maakt macht

Naast het lezen van populaire boeken is een contact met andere sterrenkundige amateurs voor de beginnende liefhebber van het grootste belang. Er bestaan verenigingen van sterrenkundig belangstellenden in Nederland en in België. Dit is een van de weinige gebieden, waarop tot nu toe nog geen splitsing in zuilen of groepen is ontstaan. De Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde is in ons land een organisatie, die meer dan duizend leden in zich verenigt. Samen met de Vereniging voor Sterrenkunde, Meteorologie, Geophysica en aanverwante wetenschappen in België geeft zij het maandelijkse tijdschrift *Hemel en Dampkring* uit, dat alle leden ontvangen. Daar de contri-

butie voor beginnende, vaak jeugdige amateurs wel wat hoog is, kunnen zij meestal beter eerst beginnen met als lid toe te treden tot een van de vele plaatselijke afdelingen van de Vereniging, die in bijna alle grote steden bestaan. Zij kunnen dan meestal eenmaal per maand in het winterseizoen lezingen bijwonen over een actueel astronomisch of meteorologisch onderwerp door een vakgeleerde, maar ontvangen *Hemel en Dampkring* niet. De contributie van zo'n afdeling is dan ook veel lager. Bovendien worden er soms excursies georganiseerd naar Sterrenwachten of andere interessante plaatsen. Alle inlichtingen over de Vereniging en haar afdelingen zijn aan haar Bureau verkrijgbaar (Zeiss Planetarium, Den Haag).

De leden van de beide Verenigingen ontvangen naast hun maandblad bovendien eenmaal per jaar de *Sterrengids*. Dit is een soort astronomische almanak in populaire vorm en in fraaie uitgave. Iedere amateur dient deze te bezitten. Als u geen lid van de Vereniging bent, kunt u het boekje in de boekhandel kopen.

Het belangrijkste voordeel van verenigingen is wel, dat de beginnende amateur contact krijgt met anderen met een gelijkgerichte belangstelling, die hem kunnen assisteren bij allerlei moeilijkheden, die hij ongetwijfeld zal ontmoeten, die hem vaak aan allerlei moeilijk verkrijgbare dingen kunnen helpen en die hem bovenal aanmoedigen met zijn liefhebberij voort te gaan, ook al gaat alles in het begin niet vanzelf zonder tegenslagen.

Eenmaal per jaar komen een aantal van de meest vooraanstaande amateurs uit de Benelux een weekend samen om hun problemen te bespreken en hun resultaten uit te wisselen. De activiteit van deze werkers, die uiteraard allen deel uitmaken van de organisaties, wordt gecoördineerd door een aantal werkgroepen, voornamelijk op het gebied van sterbedekkingen, meteoren en kijkerbouw. Voor het directe contact tussen deze werkende amateurs bestaat er een tweemaandelijks mededelingenblaadje *De Meteoor*, oorspronkelijk orgaan van de Werkgroep Meteoren. Hierin zijn soms interessante instructies voor mogelijke eigen waarnemingen te vinden. De administratie er van is gevestigd op de Utrechtse Sterrenwacht.

Wat is er werkelijk nodig?

De conclusies waartoe we tot nu toe zijn gekomen zijn samen te vatten in enkele regels: voor iedere liefhebber van de sterrenwereld is er veel interessants te zien door eigen waarnemingen met of zonder zelf gebouwde instrumenten. Na een eenvoudige kijker gemaakt te hebben, kan de amateur daarmee nog veel meer presteren. Voor diegenen, die willen fotograferen ligt er een uitgebreid gebied open, waarover in het laatste hoofdstuk meer wordt gezegd. De wiskundig onderlegden kunnen hun waarnemingen zelf bewerken en de resultaten er van vinden. In dit alles willen wij u trachten wegwijs te maken. Wij zullen daarbij zo weinig mogelijk kosten trachten te maken, omdat een echte liefhebberij niet veel mag kosten. De nodige kennis kunt u verkrijgen uit allerlei populaire boeken, die grotendeels in bibliotheken zijn te vinden. Wanneer men zich aansluit bij de organisaties op astronomisch gebied en wanneer men een abonnement op een der tijdschriften neemt, dan beschikt men over voldoende contacten.

Kaarten van de sterrenhemel zult u in dit boek vinden, evenals de gegevens om een draaibare sterrenkaart te vervaardigen. Kaarten van de maan en Mars hebben wij eveneens opgenomen en de in de handel uitgegeven en verkrijgbare kaarten op dit gebied vindt u in de literatuurlijst. Naast dit boek is het bezit van de *Sterrengids* voor het lopende jaar wel erg gewenst, daar dit boekje een aantal gegevens bevat, die wij niet kunnen vermelden, omdat ze voortdurend veranderen.

Alvorens men nu begint als een echte sterrenkundige aan het werk te gaan, adviseer ik een waarnemingsboek aan te schaffen. Hiervoor neemt men een flink dik schrift met harde kaft, waar in chronologische volgorde alles wordt opgetekend, wat men waarneemt, bouwt of uitrekent. Bij iedere gebeurtenis vermeldt men de datum, de tijd en eventueel kan men de korte beschrijving toelichten met schetsjes of grafieken, terwijl er af en toe een passende foto uit een of ander tijdschrift wordt bijgeplakt, zolang men die zelf nog niet maakt. Op deze wijze zal men een dagboek van onschatbare waarde krijgen van zijn astronomische prestaties.

II. OP VERKENNING AAN DE HEMEL

De weg aan de sterrenhemel — Eerst op verkenning — Afstanden aan de hemel — Van gradenboog tot sextant — Hoe bepaalt men de plaats van een ster? — Het draaien van de sterrenhemel — Het maken van een draaibare sterrenkaart — Op jacht naar planeten — De dampkring werkt tegen — De zwerver Mercurius.

De weg aan de sterrenhemel

Een donkere nachtelijke hemel rijk bezaaid met duizenden sterren geeft een majestueuze indruk van oneindigheid en tevens aan de peinzende waarnemer het gevoel van een statige rust. Toch is er niets rustelozer dan diezelfde hemelkoepel met al haar lichtjes, die nimmer pozende, voortdurend, hun cirkelvormige banen om de poolster schijnen te voltooien. Sommige komen op en gaan later weer onder, andere zijn alle heldere nachten soms hoog, dan weer laag aan de hemel te vinden. Het is te begrijpen, dat de sterrenvriend, die zich wil verdiepen in dit op het eerste gezicht soms verwarrend geflonker, aanvankelijk dwaalt als de vreemdeling, die midden in een hem onbekende wereldstad zijn weg moet zoeken. Maar terwijl deze de juiste richting kan vragen aan hen, die hij ontmoet, moet hij, die in het nachtelijk duister de sterren wil leren kennen, zich meestal zelf redden zonder hulp van anderen. Het is dan ook absoluut nodig om zich van een duidelijke plattegrond te voorzien van deze sterrenstad alvorens de weg te gaan zoeken, omdat we anders ongetwijfeld gaan verdwalen en dat zou ons enthousiasme kunnen verminderen. Iedere amateur behoort te beschikken over een goede sterrenkaart, liefst aangepast aan de omgeving van de plaats waar hij geregeld pleegt waar te nemen!

Aan het gebruik van zo'n kaart is meestal één groot bezwaar verbonden: de kaart geeft de sterrenhemel op zo'n klein formaat, dat we met één oogopslag op de kaart de hele hemelkoepel kunnen overzien, terwijl we in werkelijkheid aan de hemel slechts een gedeelte van die halve bol kunnen waarnemen. We moeten dus leren om zo'n sterrenkaart doeltreffend

te gebruiken. Voordat we kunnen beginnen er zelf een te maken dienen we ons vertrouwd te maken met bepaalde verschijnselen aan de sterrenhemel.

Voor dat zelf maken van een sterrenkaart is het natuurlijk nodig te beschikken over een plattegrond van de sterrenhemel. Zo'n plattegrond zult u zelf moeten tekenen en dat kan aan de hand van de kaarten achter in dit boek. U treft daar die plattegrond echter niet als geheel aan, maar in gedeelten; wijk voor wijk hebben we de sterrenstad afgebeeld en dat heeft het voordeel, dat men reeds direct aan de hemel bepaalde gebieden kan opzoeken met behulp van onze kaartjes.

Eerst op verkenning

Het allereerste sterrenbeeld dat ik u adviseer op te zoeken is de Grote Beer. De bekende zeven sterren, die samen een hakmes schijnen te vormen met een gebogen steel, staan iedere heldere avond ergens in het noorden aan de hemel. Figuur 2 geeft de situatie weer, zoals die op een augustusavond in het noorden omstreeks tien uur te zien is. Als we tegen die tijd omhoog kijken, vinden we daar de Grote Beer beslist zonder veel moeite hoog boven de noordwestelijke horizon.

Het nauwkeurig bekijken van dit sterrenbeeld is reeds de moeite waard. Vergelijk de zeven sterren eens onderling, dan zult u constateren, dat ze niet allemaal even helder zijn. Vooral bij de middelste ster valt dat duidelijk op, die is veel minder helder dan de andere zes. Ptolemaeus, een sterrekundige uit de Oudheid, heeft alle zonder kijker zichtbare sterren globaal verdeeld in zes soorten. De helderste sterren noemde hij van de eerste soort of van de eerste magnitude (dat kort men af met 1^m), iets minder heldere van de tweede magnitude (2^m), waartoe ook een aantal van de sterren van de Grote Beer behoren. Nog wat zwakkere sterren noemt hij 3^m, weer zwakkere 4^m, daarna komt 5^m en de zwakste sterren, die zonder hulpmiddelen door een menselijk oog in de gunstigste omstandigheden gezien kunnen worden, zijn van de zesde magnitude. De middelste ster van de Grote Beer is 4^m. Het is natuurlijk gewenst de magnitude op een kaart van de sterrenhemel aan te geven. We hebben daarom op onze kaartjes de volgende symbolen ingevoerd:

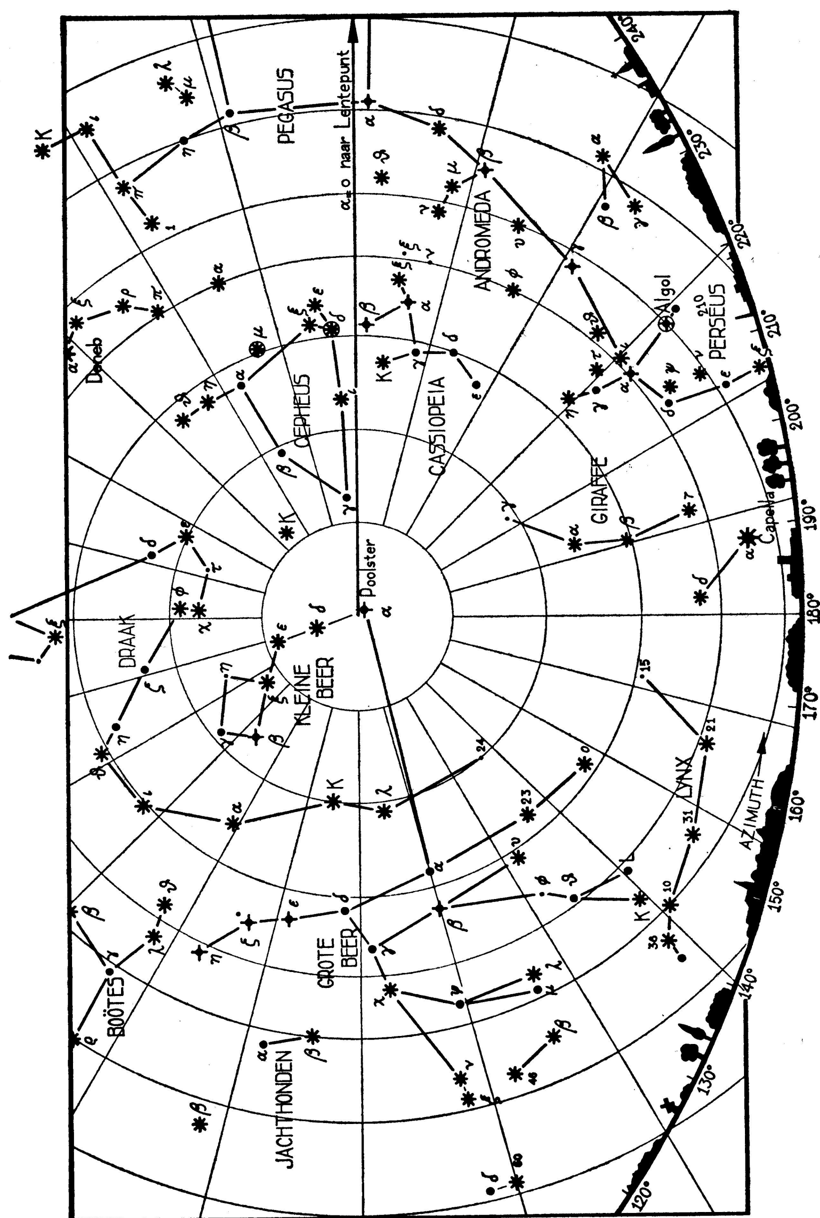


Fig. 2. De noordelijke hemel op een nazomeravond omstreeks tien uur (0^h sterretijd).

1^m en helderder

2^m

3^m

4^m

5^m en zwakker.

Bovendien is het lastig om te moeten spreken over: de middelste ster van de Grote Beer of de tweede ster van de staart van de Grote Beer. We zouden beter over die sterren kunnen spreken als ze namen hadden. Uit praktische overwegingen zou het echter ook weer niet zo plezierig zijn alle sterren een eigennaam te geven, want dan zouden we een groot aantal namen moeten weten. Daarom heeft men slechts de namen van de helderste sterren (1^m), algemeen aangenomen en de verdere namen van de sterren worden nooit gebruikt, hoewel er ook onder de zwakkere zijn die een naam hebben. Zo hebben de zeven sterren van de Grote Beer allemaal een mooie naam; ze heten Dubhe, Merak, Phekda, Megrez, Alioth, Alkor en Benetnasch. Op voorstel van de sterrenkundige Bayer uit het begin van de zeventiende eeuw heeft men de gewoonte aangenomen om de sterren van een bepaald sterrenbeeld aan te geven met Griekse letters. De helderste ster uit een sterrenbeeld wordt genoemd met de eerste letter uit het Griekse alfabet, de op een na helderste ster met de volgende letter, enzovoort. Als u dus onbekend met die Griekse letters bent dan zult u daar dus beslist eens af en toe een kwartiertje naar moeten kijken, want als volwaardig amateurastronoom zult u ze toch moeten kennen. Men vindt ze in de eerste bijlage achter in het boek. Zo heten de zeven genoemde sterren van de Grote Beer: α, β, γ, δ, ε, ζ en η. Eigenlijk is dat niet volmaakt juist, want δ is de zwakste van de zeven, maar het is nu eenmaal zo door Bayer beslist.

Let nu eens op de ster ζ of ~~Alkor~~ Mizar. Als we goed kijken, kunnen we constateren, dat er een zwak sterretje vlak bij staat. Er wordt wel eens beweerd, dat bij de Arabieren de oogarts dit object als proef gebruikte bij het onderzoek van zijn patiënten. Als u het sterretje meent gezien te hebben kijk dan eens op de

kaart (fig. 2) of u het goed hebt gehad, (staat het rechts boven of rechts onder, of aan de linkerkant)?

Met de sterren β en α van de Grote Beer kunnen we eenvoudig het noorden vinden. Denk ze verbonden door een denkbeeldige lijn en verleng die dan ongeveer vijf keer, dan komt ze bij een ster uit van de 2[de] magnitude: de Poolster en die staat bijna in het noorden. Men vindt de richting noord juist onder de Poolster op de horizon.

Het kan echter zijn, dat het juist vanavond een mooie heldere avond is, uitnemend geschikt om voor de eerste keer de sterrenhemel te gaan verkennen, maar.... het is nog lang geen augustus. We willen toch graag de Grote Beer en de Poolster zoeken en hoe is de situatie nu op een ander tijdstip? Als het tegen het einde van de winter is, haalt u een ligstoel van de zolder of uit uw schuur, stelt die zo laag mogelijk vast en daarin gaat u dan op uw gemak zitten. (Ik behoef niet te waarschuwen voor de kou in een winternacht, daar moet men op rekenen, dus beslist twee jassen aan!) Vanuit zo'n ligstoel kunt u gemakkelijk uw blik omhoog richten naar de hemelstreek recht boven ons hoofd. Het bovenste puntje van de hemelbol, precies boven ons hoofd, als we tenminste rechtop staan, wordt

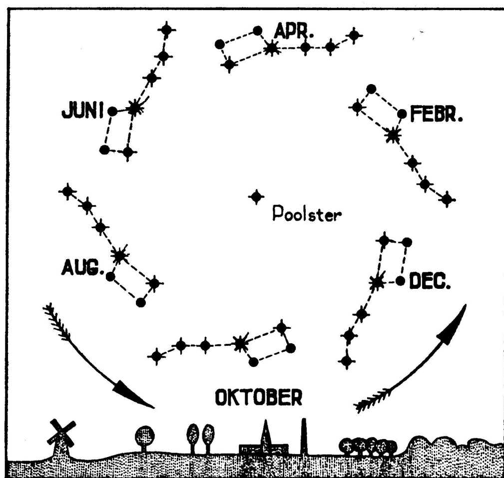


Fig. 3. Omstreeks tien uur 's avonds staat de Grote Beer altijd in het noorden, maar iedere maand in een andere positie ten opzichte van zenith en horizon.

het zenith genoemd. Wanneer we de hemelstreek rondom dat zenith nauwkeurig verkennen, vinden we daar de Grote Beer (fig. 3). Ook nu kan men de lijn β-α verlengen en ook nu komt men bij de Poolster terecht. De onderlinge vorm van een sterrengroepering is altijd hetzelfde, maar haar positie ten opzichte van onze horizon verandert. Daardoor kan men op iedere heldere avond op onze breedte ergens in het noorden de Grote Beer vinden en daarmee de Poolster.

Wist u dat de Grote Beer veel meer sterren telt, dan alleen die zeven bekende? Het is de moeite waard om ze eens op te zoeken (fig. 2). In gedachte verbinden we γ en β en verlengen die lijn met zichzelf. Dan komen we bij de ster υ. Ten zuiden daarvan zien we de driehoek van θ, ι en κ. Het is altijd praktisch om bepaalde groeperingen sterren te onthouden aan de hand van de figuren die ze vormen, driehoeken, vierkanten, een ruit of wat dan ook. Als we δ en γ in gedachte verbinden en die lijn verlengen, vinden we χ en daarna als we de lijn nog verder doorgetrokken denken, komen we bij ν en ξ. Daartussen meer naar rechts is weer een driehoek van de sterren ψ, λ en μ. Als we zo eens proberen dit hele sterrenbeeld op te zoeken (fig. 2), beginnen we al aardig thuis te raken aan de hemelkoepel en vanzelf worden we nu vertrouwd met het gebruik van de kaartjes en het vergelijken ervan met de hemel.

Afstanden aan de hemel

De Poolster staat vlak bij de noordpool aan de hemel; zij staat bij ons ongeveer 52° boven de horizon. Het meten van afstanden in graden aan de sterrenhemel moet de niet-wiskundig onderlegde lezer niet zien als een moeilijkheid. Het is vanzelfsprekend; een andere mogelijkheid is er niet. Het is volkomen onmogelijk om de hoogte van een ster zoals die van een toren in meters bijvoorbeeld op te geven, want u weet immers niet hoe ver die ster weg staat! Kijk naar zo'n ster en meet haar afstand tot de horizon. Dat betekent: uw blik spant in gedachte een lijn van uw oog naar dat enorm ver verwijderde lichtpuntje en daarna net zo'n onbeperkt lange lijn naar die verre horizon onder de ster, waarvan we immers weten, dat die ook onbereikbaar ver weg is. Taxeer het richtingsverschil tussen die twee lijnen, dat betekent schat de hoek ertussen en

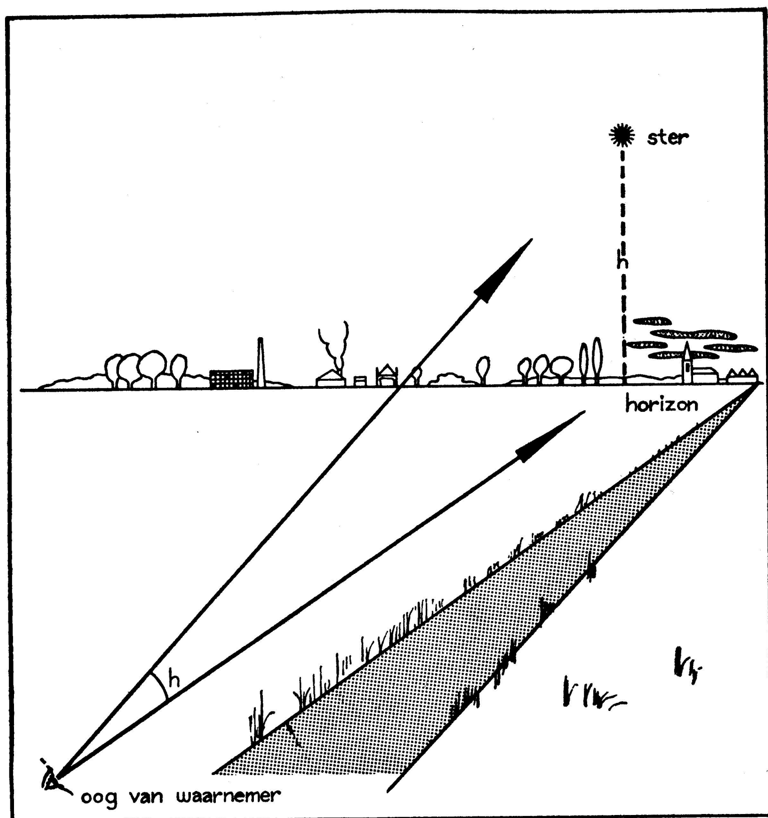


Fig. 4. De hoogte van een ster meet men niet in meters, maar in graden, want het is een hoek bij het oog van een waarnemer tussen twee denkbeeldige lijnen.

dat doet men in graden (fig. 4). Het punt boven uw hoofd is 90° van de kim af. De hoogte van de Poolster is 52°. De afstand γ-β van de Grote Beer is 8°. Als we enkele van dergelijke afstanden onthouden, dan kunt u ze altijd direct gebruiken om andere onbekende afstanden te schatten, wanneer er zich onverwachts een verschijnsel aan de hemel voordoet.

Van gradenboog tot sextant

In allerlei gevallen kan het nodig zijn ons niet te beperken tot

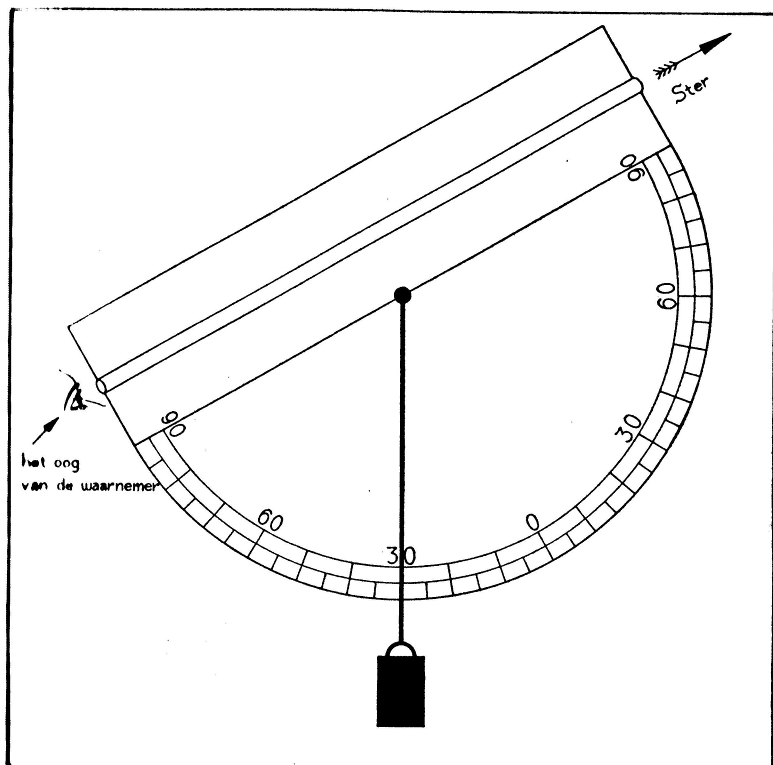


Fig. 5. Een hoogtemeter is het allereenvoudigste toestel om de hoogte van een ster te meten. Langs een gradenboog, die met behulp van een vizier op een ster wordt gericht, beweegt zich een koord, dat door een gewichtje strak wordt gespannen. Dit wijst op de gradenverdeling de hoogte van de ster (hier 25°) aan.

schattingen, maar werkelijke metingen te verrichten aan de hemel. Een voorbeeld daarvan is het geval, dat we de hoogte van een bepaalde ster willen weten en dan zullen we dus de hoek moeten bepalen tussen de gezichtslijn van ons oog naar de waarnemer en die naar de horizon (fig. 4).

Het meest eenvoudige middel om hoeken te meten is natuurlijk een gradenboog en het spreekt vanzelf, dat iedere amateur-astronoom, of hij nu achter zijn schrijftafel graag rekent of liever waarneemt achter de kijker, steeds in het bezit van dit instrument behoort te zijn. Voor het meten van hoeken op het

papier mag een gradenboog buitengewoon geschikt zijn, voor het bepalen van afstanden aan de hemel is zij in haar gewone vorm beslist niet bruikbaar.

In dit geval gebruikt men gewoonlijk een sextant of een universaal-instrument. Wij zullen eerst een zeer eenvoudig te maken toestelletje bespreken, dat we een hoogtemeter zullen noemen. Wij tekenen op een stuk karton een halve cirkel (fig. 5) met een straal van 10 cm en verdelen die zeer nauwkeurig met behulp van een gradenboog in een gradenverdeling (let op de juiste plaats van de 0). Bij het middelpunt van de cirkel maken we een gaatje en hierdoor wordt een koord gebracht, dat aan de achterkant van het instrument door een paar flinke knopen wordt vastgezet tegen het gaatje, want het andere einde, dat we ongeveer 15 cm lang maken, wordt strak getrokken, doordat er een gewichtje aan wordt bevestigd. De soort van het gewichtje doet niets ter zake, men kan het van allerlei beschikbare materialen maken, mits het voldoende gewicht heeft om het koord strak te trekken. Evenwijdig aan de middellijn van de cirkel trekken we een rechte lijn op 1 cm afstand. Nu vervaardigen we een papieren kokertje met een lengte van 20 cm en een diameter van ongeveer 1 cm, door een stuk papier van 20 bij 10 cm op te rollen (zoals een sigaret) en daarna stevig vast te plakken. Deze koker wordt langs de evenwijdige lijn op het instrument geplakt en dient als kijkertje, waarmee we op een object kunnen richten.

Om het te proberen nemen we als doel eerst een schoorsteen of het haantje van een naburige toren. We kijken daarbij met een oog door het vizierkijkertje. Door de zwaartekracht wordt het gewicht steeds vertikaal naar beneden getrokken, zodat het koord naar beneden wijst. Zodra we het haantje van de toren of de schoorsteen in ons kijkertje zien, kunnen we de hoogte er van aflezen. Daar het onmogelijk is het instrument tegelijkertijd te hanteren en af te lezen, moeten we het toestel in één hand vasthouden en we knijpen, zodra we het gezochte object zien, de draad met de andere hand vast tegen de schaalverdeling. Dan kunnen we daarna de stand aflezen.

Voordat u in het donker de hoogte van een ster probeert waar te nemen is het gewenst overdag en in de schemering te oefenen met aardse doelen of met de maan. Bij het gebruik van de hoogtemeter aan de sterrenhemel zult u direct merken hoe

moeilijk het is het instrument trillingsvrij in de hand te houden en precies op een ster te richten. Natuurlijk is ook dat te verbeteren, door het apparaat op een vertikale voet vast te zetten en die voet draaibaar te maken om een horizontale as. Eigenlijk hebben we dan het principe van een azimuthaal opgestelde kijker. Het is echter mogelijk met een beetje ervaring met zo'n hoogtemeter de hoogte van diverse sterren te meten tot op enkele graden nauwkeurig.

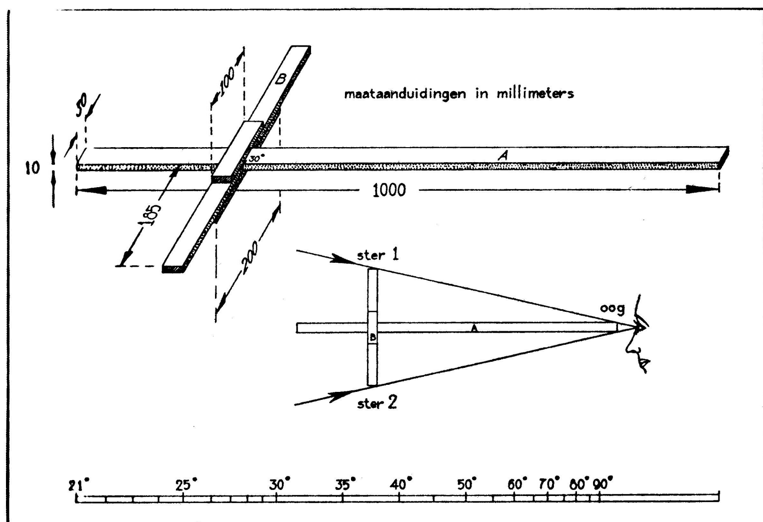


Fig. 6. Een ontwerp voor een jakobstaf, bestaande uit houten latten, waarmee de afstand van twee sterren of de hoogte van een ster kan worden gemeten. In de kleine figuur rechts onder ziet men hoe of zo'n meting plaats vindt, terwijl de aangegeven schaalverdeling op de lat A moet worden aangebracht.

Zouden we nauwkeuriger willen werken, dan moet de koker door een echt kijkertje worden vervangen. Eigenlijk kunnen we dan beter een sextant gebruiken, die nauwkeuriger werkt en tevens dient om afstanden tussen sterren te meten. Zo'n instrument is desnoods ook wel zelf te maken met een beetje ervaring in het knutselen. Om de hoek tussen twee sterren te meten kan men echter als amateur met eenvoudiger middelen volstaan en ook gebruik maken van de jakobstaf. Dat is ook

een zeer eenvoudig instrument, dat we weer zelf kunnen vervaardigen. Het bestaat uit een van een verdeling voorziene lange stok met een dwarslat (fig. 6). De stok wordt in de hand gehouden en bij het oog naar de hemel gericht op een tweetal sterren, alsof het een kijker is. De dwarslat wordt dan langs de stok verschoven, want de uiteinden moeten samenvallen met de beide sterren. De graadverdeling op de stok geeft de boogafstand tussen de beide sterren aan. Men kan met dit instrument natuurlijk ook de hoogte van een hemellichaam boven de horizon meten.

Om het te bouwen moeten we beschikken over een houten lat A van 100 cm lengte, 3 cm breedte en hoogstens 1 cm dikte. Een tweede lat B van hetzelfde formaat, maar iets korter, bijvoorbeeld 60 cm, wordt gezaagd in twee stukken van $18^1/_2$ cm, een van 20 cm en een van 10 cm en deze worden aan elkaar bevestigd tot een dwarsbalk B, zoals in de werktekening is aangegeven (fig. 6). Het stuk B moet over A heen kunnen schuiven zonder dat er teveel speling tussen mag zitten. De schaalverdeling op A is in de figuur op schaal aangegeven, maar ze is alleen juist als men de maten zeer precies aanhoudt.

Hoe bepaalt men de plaats van een ster?

De Poolster is de helderste ster van het sterrenbeeld de Kleine Beer. Dit bestaat in eerste instantie eveneens uit een zevental sterren, die een soortgelijke figuur vormen als de Grote Beer, echter in een andere stand; β en γ zijn naast α de meest opvallende, de andere zijn zwakker. Dicht bij de Poolster bevindt zich de noordelijke hemelpool. Als we een camera nemen en die vast op een plankje zetten onder een hoek van 52° en dan richten op de Poolster en daarna een tijdopname van bijvoorbeeld een uur maken, dan zullen we merken dat er sterrensporen op ons filmpje staan. Iedere ster doorloopt een stuk van een cirkelbaan om een punt vlak bij de Poolster. Schijnbaar bewegen de sterren in banen om de hemelpool. Hoe verder een ster van de pool verwijderd is, hoe groter de doorsnede van de cirkelbaan, die zij schijnt te doorlopen. Op onze kaarten, (behalve fig. 3) zijn die cirkels getekend voor sterren die 10°, 20°, 30° enz. van de pool afstaan. Heel vaak gebruikt men bij de bepaling van de plaats van een ster niet de afstand

tot de pool, maar de declinatie, (die wordt aangegeven met de Griekse letter δ) en die wordt verkregen door de afstand tot de pool van 90° af te trekken. De declinatie van de pool zelf is dus 90°. Sterren met een $\delta = 0°$ staan 90° van de pool af. De cirkelbaan, die zij doorlopen, wordt de hemelequator genoemd (fig. 7). Staat een ster nog verder dan 90° van de pool af, dan is haar declinatie negatief. In dat geval bevinden zich zulke sterren dichter bij de andere hemelpool, de zuide-

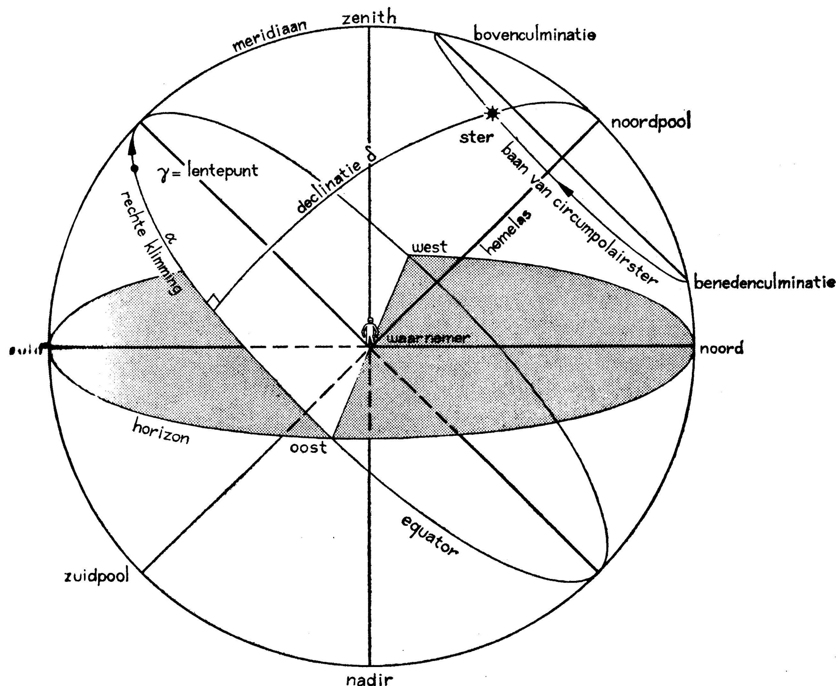


Fig. 7. Wij bevinden ons als we de sterren waarnemen schijnbaar in het middelpunt van een bolvormige ruimte. Boven ons ligt het zenith, onder ons het nadir; de noordpool met vlak daarbij de poolster ligt 52° hoog in het noorden. De hemelbol schijnt te draaien om een as, die van noordpool naar zuidpool loopt. De sterren schijnen banen te beschrijven in vlakken loodrecht op deze as. Een van deze vlakken is het equatorvlak; het gaat door het middelpunt van de bol. Hierin ligt het lentepunt. De boogafstand van een ster tot de equator heet de declinatie; de afstand van deze boog tot het lentepunt heet rechte klimming en die wordt gemeten tegen de beweging van de sterren in.

lijke, die bij ons onzichtbaar is. De δ van die pool is natuurlijk -90°. De sterren ten noorden van de hemelequator bevinden zich op het noordelijk halfrond, die ten zuiden er van op het zuidelijk halfrond van de hemelbol.

De sterren, die meer dan 52° van de pool verwijderd zijn, beschrijven cirkelbanen, die niet geheel voor ons te zien zijn, een deel er van ligt onder de horizon. Men noemt de sterren, die dichter bij de pool liggen dan 52° circumpolairsterren; ze zijn bij ons altijd zichtbaar in iedere heldere nacht. Hiertoe behoort dus het grootste deel van het sterrenbeeld de Grote Beer, waaronder de zeven heldere sterren; verder bekende sterrengroepen als Cassiopeia (een iets misvormde letter W, die u vindt door de lijn η Grote Beer-Poolster met zichzelf te verlengen), Cepheus (een in kinderlijke trant getekend huisje) en de heldere ster Capella van het sterrenbeeld de Voerman, die in augustus 's avonds laag in het noorden staat (fig. 2). Alle sterren, die niet circumpolair zijn, gaan op en onder.

Als we alleen de declinatie van een ster weten, is haar positie nog niet volkomen vastgelegd, want dan kunnen we nog niet zeggen, waar de ster zich in de cirkel om de pool bevindt. Dat bepaalt men met de rechte klimming. Aan de hemel is een vast punt van waaruit die rechte klimming (aangegeven met de Griekse letter α) wordt geteld. Daarvoor is het lentepunt gekozen, een punt dat zich in het sterrenbeeld de Vissen bevindt. Het is niet zo erg gemakkelijk om dat lentepunt te vinden.

Als u de Poolster heeft ontdekt, weet u waar het noorden is op de horizon. Als men in die richting kijkt, is aan de rechterhand het oosten en links het westen. Draait men zich om, dan kijkt men naar het zuiden; boven blijft het zenith. De cirkelboog, die de hemelkoepel omspant van noord naar zuid via het zenith wordt de meridiaan genoemd (fig. 7). Een ster, die juist op die meridiaan staat, culmineert. Het is duidelijk, dat de circumpolairsterren twee keer in culminatie kunnen worden waargenomen, een keer in boven- en een keer in benedenculminatie.

We gaan nu op zoek naar het lentepunt, dat is het punt aan de hemelbol, waar de zon bij het begin van de lente staat. Het is dus onmogelijk dat punt in het voorjaar 's avonds aan de sterrenhemel te vinden, omdat de zon dan verblijf houdt in die hemelstreek, zodat die 's nachts dan onzichtbaar is. Het

beste zoekt u dan ook in het najaar. Op een oktoberavond staat omstreeks tien uur hoog in het zuiden het sterrenbeeld Pegasus; vier tamelijk heldere sterren, ongeveer even helder als die van de Grote Beer in de vorm van een grote rechthoek. Lukt het niet om Pegasus te vinden, zoek dan eerst de Grote Beer. Verbindt η daarvan met de Poolster en verleng die denkbeeldige lijn één keer. Nu komt men bij het sterrenbeeld Cassiopeia (ongeveer de vorm van een W). Verleng diezelfde lijn nog ongeveer een keer dicht langs het zenith en u bent bij Pegasus beland (fig. 8). Als men nu de beide linker hoekpunten van die rechthoek verbindt en die lijn naar beneden toe een keer verlengt, dan komt men enkele graden ten oosten van het lentepunt uit. Dit bevindt zich in het sterrenbeeld de Vissen, dat nu uitstekend te zien is. Het bestaat uit een groot aantal zwakkere sterretjes, waarvan het aardige zeshoekje onder de rechthoek van Pegasus bijvoorbeeld deel uitmaakt.

Het lentepunt wordt meestal aangeduid met het symbool Aries (♈). Omstreeks 21 maart passeert de zon dit punt en dan begint de lente. De zon verplaatst zich dan van het zuidelijk halfrond op de hemelbol naar het noordelijk halfrond; haar declinatie verandert van negatief in positief. De baan van de zon op de hemelbol is een grote cirkel, waarvan op deze sterrenkaart (fig. 8) een gedeelte te zien is als een rechte stippellijn. Deze cirkel wordt ecliptica of dierenriem genoemd. Hoofdzakelijk loopt zij door twaalf sterrenbeelden: Vissen, Ram, Stier, Tweelingen, Kreeft, Leeuw, Maagd, Weegschaal, Schorpioen, Schutter, Steenbok en Waterman.

Door de hemelpolen en het lentepunt denkt men zich de zogenaamde $\alpha = 0$ cirkel. Op onze sterrenkaarten is dat een rechte lijn waar 0^h bij staat (h is hour, dat is de officiële afkorting voor uur). Als een ster nu een bepaalde declinatie heeft, ligt zij op een cirkel met die declinatie en die snijdt de $\alpha = 0$ cirkel ergens (fig. 7). De boog van de ster tot de $\alpha = 0$ cirkel is de rechte klimming (α), die gemeten wordt tegen de beweging van de sterren in van 0° tot 360°, of liever van 0^h tot 24^h. Op onze kaarten zijn die cirkels van 0°, 10°, 20°, 30° enzovoort rechte klimming alle getekend als rechte lijnen, die elkaar in de hemelpool snijden. De lijnen van 0°, 30°, 60°, ... zijn van de aanduidingen 0^h, 2^h, 4^h, ... voorzien, want daar 360° overeenkomt met 24^h is 15° natuurlijk 1^h.

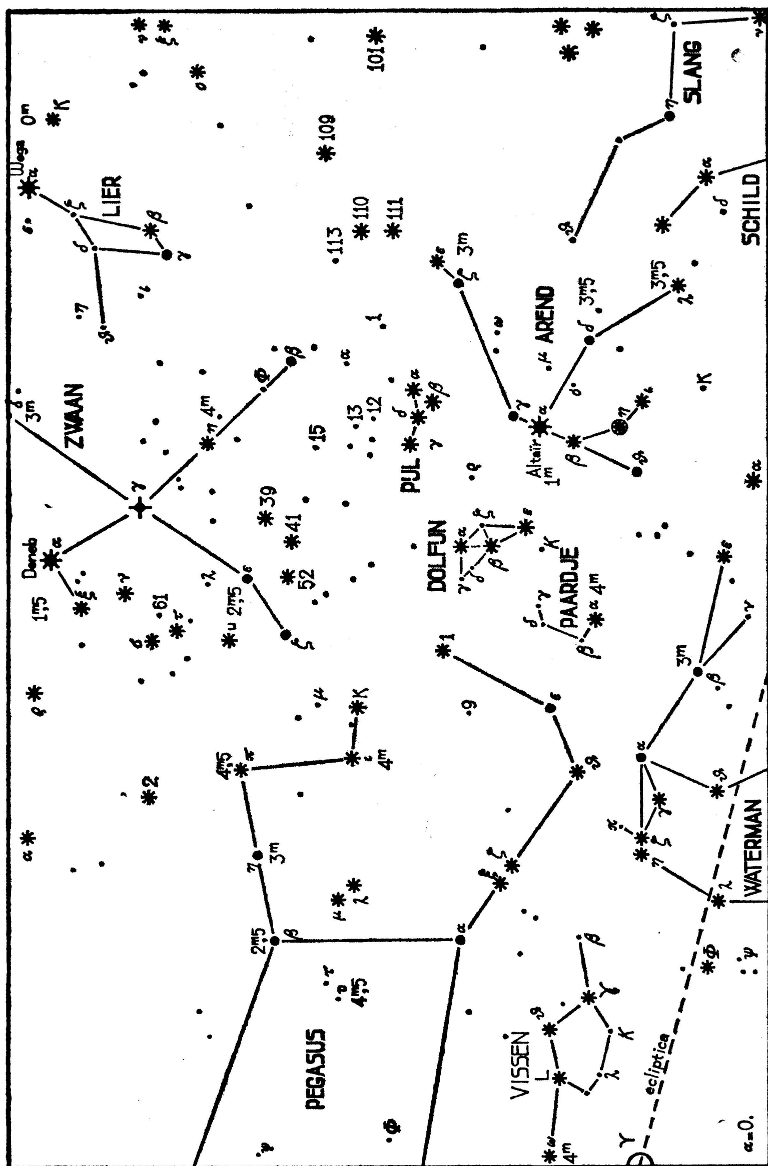


Fig. 8. De zuidelijke hemel in de nazomer omstreeks tien uur. Deze sterrenkaart is getekend in gnomonische projectie. Een dergelijke projectie is bijzonder geschikt voor het intekenen van banen van vallende sterren.

Bij het tekenen van een sterrenkaartje brengt men altijd eerst zo'n gradennet van α en δ aan op transparantpapier en legt daarna het papier precies op het over te tekenen kaartje. Het is volkomen gelijkwaardig met het gradennet op een aardrijkskundige landkaart. De aardse breedte komt aan de hemel overeen met de declinatie, terwijl wat we op aarde lengte noemen, aan de hemel overeenkomt met de rechte klimming. Blijkbaar vervult het lentepunt aan de hemelbol de rol, die Greenwich op aarde speelt.

Het draaien van de sterrenhemel

Voortdurend verandert de stand van de sterren ten opzichte van onze horizon. Nu eens staat de Grote Beer hoog, dan weer laag. Als men op een decemberavond om zes uur dat sterrenbeeld opzoekt, dan vindt men het laag in het noorden in de positie, waarin het in oktober om tien uur te zien is (fig. 3). Om tien uur staat het nu echter praktisch vertikaal in het noordoosten en als men de moed heeft om tot twee uur op te blijven, dan kan men de Grote Beer in de positie van een februari-avond tien uur zien. Zou men bovendien om zes uur reeds opstaan, dan staat diezelfde Beer in zijn voorjaarsavondstand hoog aan de hemel.

Natuurlijk zijn al die veranderingen een gevolg van de aardrotatie, maar voor waarnemers op die draaiende aarde, is het lastig om al die verschillende standen in aparte kaartjes te tekenen. Natuurlijk kan het wel, en in de Sterrengids, die de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde jaarlijks uitgeeft, kunt u ze zo ook vinden. Maar er is ook een andere oplossing voor dit probleem. Het is mogelijk de draaiing van de sterren na te bootsen met een draaibare sterrenkaart, die alleen dat gedeelte van de hemel laat zien, dat werkelijk te zien is voor ieder ogenblik van elke dag van het jaar. Op die kaart zelf moet de volledige ter plaatse zichtbare sterrenhemel voorkomen, terwijl een voor de kaart gelegde plaat karton met een ronde opening alleen dat deel van de onderliggende sterrenkaart laat zien, dat werkelijk op het ogenblik van waarneming zichtbaar is.

Er bestaan in de handel natuurlijk ook dergelijke draaibare sterrenkaarten. Weliswaar is er de laatste jaren niets nieuws op

dit gebied verschenen, zodat men zich tevreden moet stellen met een oudere uitgave, maar daarvan zal men in de boekhandel misschien nog wel een exemplaar aantreffen. Waarom zoudt u echter niet zelf aan de slag gaan? Gewapend met karton, schaar, pen en inkt, kunt u met een klein beetje moeite een fantastisch mooie draaibare sterrenkaart maken uit de kaartjes in dit boek en van een formaat zoals er in geen enkele winkel een te koop is. Daar er bovendien alle met het blote oog waarneembare sterren op staan, wordt het een onmisbaar hulpmiddel voor een eigen sterrenwacht.

Het maken van een draaibare sterrenkaart

1. *De nodige hulpmiddelen.* Alvorens aan het werk te gaan, moet men de materialen gaan inkopen. De kosten daarvan zijn niet buitengewoon hoog. Het zijn:

drie flinke stukken karton (bijvoorbeeld 65 bij 75 cm), die we A, B en C zullen noemen; het karton moet niet al te dik zijn, want men moet het kunnen knippen, maar overigens zo stevig mogelijk;
een schaar;
een flink vel transparantpapier (bijv. ook 60 bij 60 cm);
potlood;
passer;
gradenboog;
liniaal;
een stuk lint van 16 cm lengte en ongeveer 1 cm breedte; de kleur doet niet ter zake, maar niet wit!
een groot vel wit papier (bijvoorbeeld ook 60 bij 60 cm);
een stuk wit garen van omstreeks 40 cm;
diverse kleuren inkt met een pen;
een zwarte ballpoint;
vier korte schroeven met moeren;
blauw kleurpotlood.

2. *Het midden eerst bepalen.* Men begint met twee van de drie stukken karton, A en B precies op elkaar te leggen. Dan bepaalt men het midden M van A en prikt er met de passerpunt een gat doorheen, zodat men nu tevens het midden van B weet.

3. *De schaalverdelingen op A en B.* A wordt de bovenkant van de kaart. Hierop komt een schaal met de twaalf maanden van het jaar en een onderverdeling van iedere maand in dagen. Daarvoor tekenen we met M als middelpunt met de passer drie cirkels met stralen van $22^1/_2$, $23^1/_2$ en 25 cm (fig. 9). Het

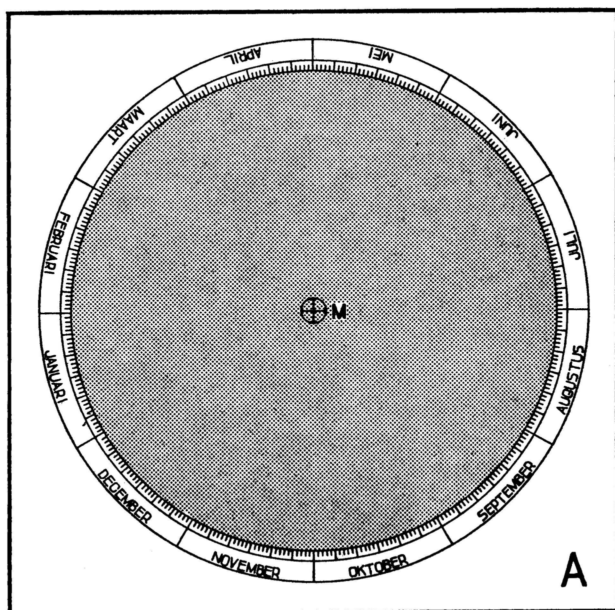


Fig. 9. De voorkant van onze draaibare sterrenkaart wordt gemaakt van een stuk karton A, waarop drie cirkels getekend worden, waartussen een verdeling in maanden en dagen komt.

maken van de schaalverdeling tussen de drie cirkels, waarmee men nu moet beginnen is een tijdrovend werkje, dat men zeer zorgvuldig moet uitvoeren, want anders is de kaart niet erg bruikbaar.

We zullen de verdeling van het jaar in maanden en dagen niet volkomen exact doen; we stellen een jaar op 360 dagen en een maand op 30 dagen. De buitenste cirkel moet daarvoor eerst in twaalf bogen van dertig graden worden verdeeld. Nadat die verdeling met een gradenboog is aangebracht, plaatst

u tussen de beide buitenste cirkels de namen van de twaalf maanden in de juiste richting rondgaande (fig. 9). Daarna wordt iedere maand in dertig dagen verdeeld (een dag is dus juist een graad), waarbij de verdeelstreepjes tussen de beide binnenste cirkels worden geplaatst en de streepjes, die bij 10 en 20 behoren iets naar buiten toe verlengd. Natuurlijk is het een erg omslachtig werk om graad voor graad stralen te trekken en u kunt eenvoudiger (maar helaas ook minder nauwkeurig) de maanden eerst in zes gelijke delen van vijf dagen verdelen en daarna op het oog ieder deel in vijf.

Het is misschien niet overbodig er op te wijzen, dat de liefhebber van nauwkeurig en precies werk een betere verdeling tot stand kan brengen, waarbij rekening gehouden wordt met het feit dat januari 31, februari meestal 28, maart weer 31, april 30 dagen telt enzovoort. Dan moet de voor iedere maand gereserveerde cirkelboog op de cirkels natuurlijk niet precies 30° zijn. We gaan hierop niet verder in. Wie het doen wil, kan het zeker zelf uitzoeken. De verbetering wordt toch niet zo groot, dat zij van ingrijpend belang is.

B komt nu aan de beurt. Hierop trekt men vijf cirkels met M als middelpunt en met stralen van $19^1/_2$, $20^1/_2$, $22^1/_2$, 24.9 en 25 cm (fig. 10). We moeten nu op B een verdeling in 24 uren aanbrengen. Daar een uur dus met 360° :24 = 15° overeenkomt trekt men met de gradenboog om de 15° stralen. De dwarsstreepjes, die deze stralen tussen de cirkels vormen trekt men door tot de middelste cirkel, dus tussen de drie binnenste cirkels (fig. 10). Ieder stuk tussen deze cirkels komt nu met een uur overeen en moet nu in zes gelijke delen van tien minuten worden gedeeld. De streepjes van deze verdeling worden alleen tussen de tweede en derde cirkel, van binnen af gerekend, neergezet en kunnen eventueel eenmaal precies worden getekend en daarna overgebracht worden in de andere uurvakken. Bij de hele uren schrijft men voorlopig met potlood de bijbehorende tijden in de juiste volgorde (fig. 10). De bij 0^h40^m behorende straal moet u duidelijk tekenen en doortrekken tot 12^h40^m, daar deze precies voor de momenteel in België en Nederland geldende tijd het ogenblik van werkelijke middernacht aangeeft.

4. *Het knippen.* Uit A wordt de binnenste cirkel uitgeknipt

en dit stuk wordt bij de verdere werkzaamheden niet meer gebruikt.

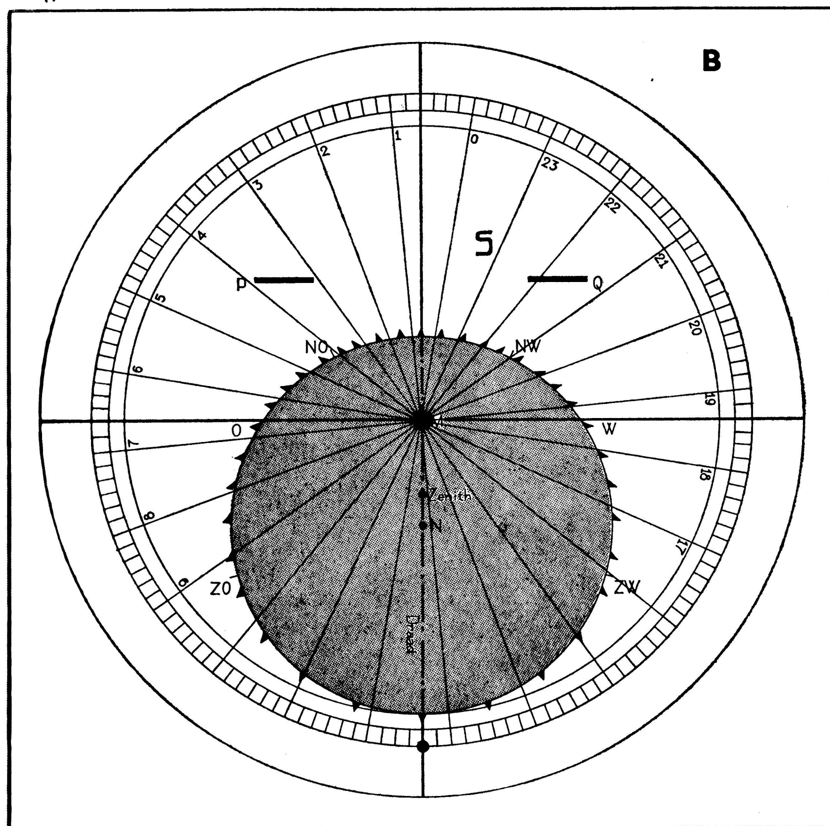


Fig. 10. Het middelste gedeelte van de draaibare sterrenkaart bestaat uit een stuk karton B, waaruit een cirkelvormig gebied S wordt geknipt, terwijl het gehele stuk S draaibaar moet zijn binnen B.

Uit B wordt de buitenste cirkel zeer precies geknipt, maar dit binnenste deel wordt wel gebruikt. We noemen dit stuk S. S moet draaibaar worden binnen B. Het is daarom nodig de cirkel met 25 cm straal buitengewoon precies uit te knippen; hiervan hangt de praktische bruikbaarheid van de kaart in eerste instantie af. Daarna knippen we van S een heel dun randje af, waarbij we dus langs de cirkel met 24.9 cm straal knippen. De overgebleven ronde schijf S moet nu soepel binnen

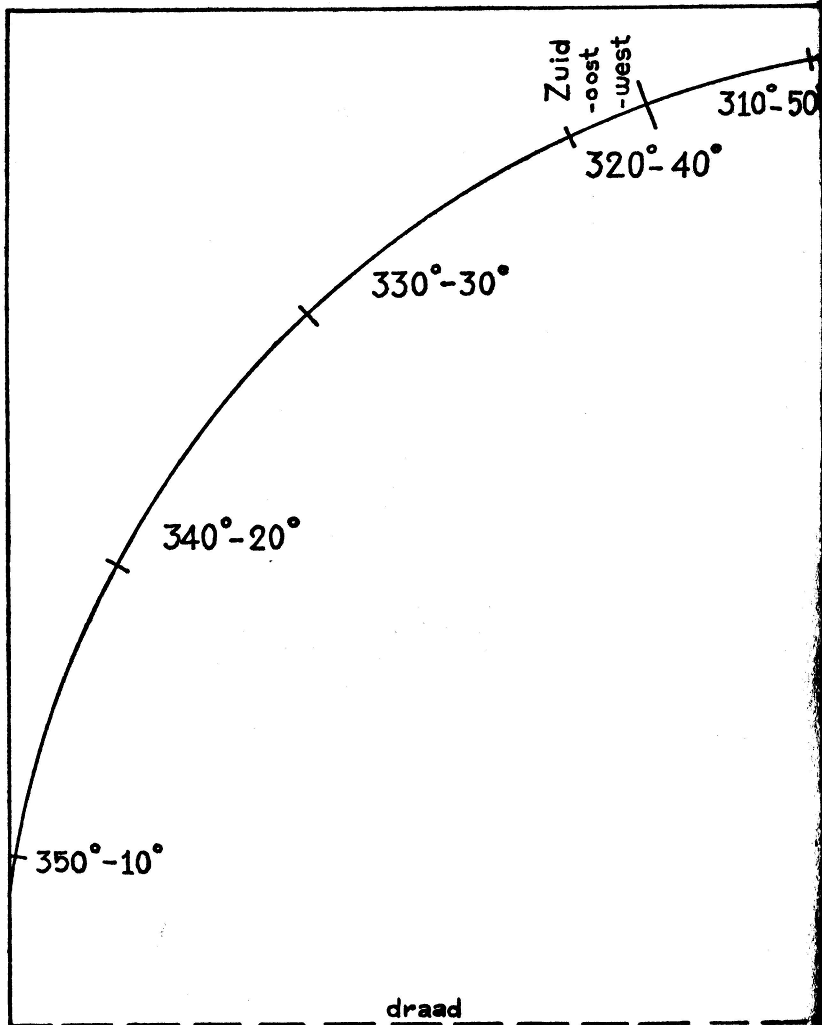
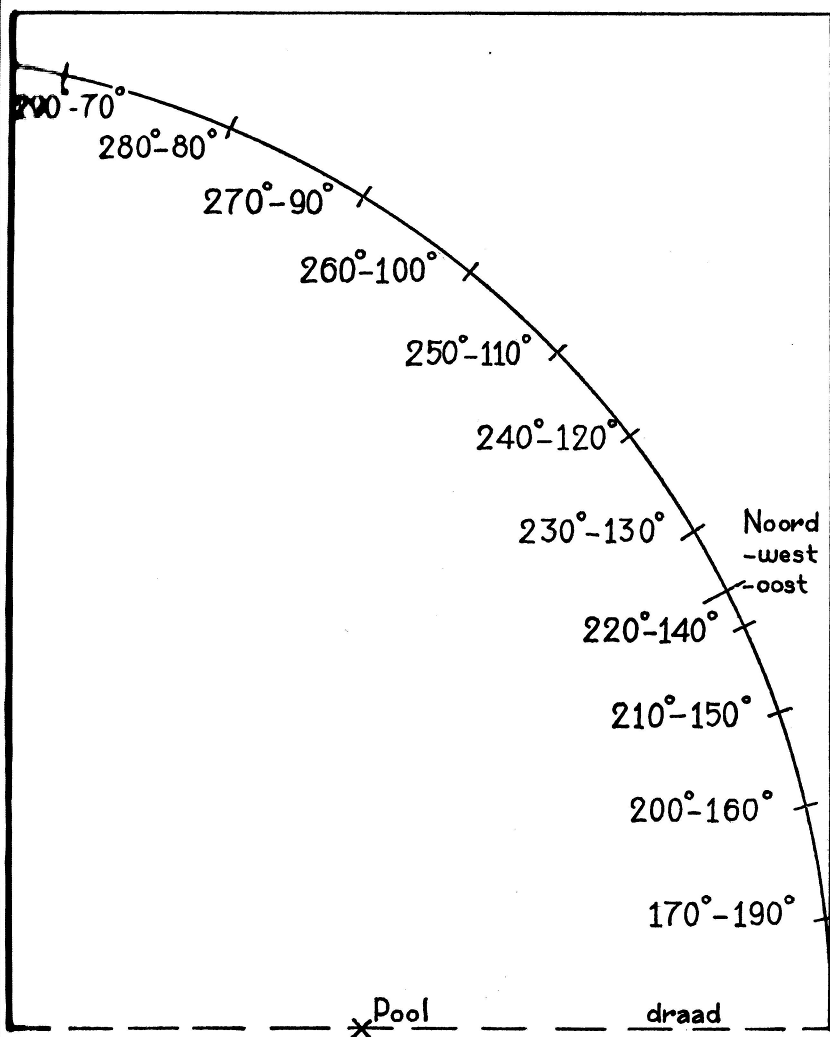


Fig. 11. De schaalverdeling in azimuth, die moet worden aangebracht langs beide randen van de cirkel met straal N, die op S is getekend en die later uit S wordt geknipt, is in de figuren 11a en b op ware grootte aangegeven.


290°-70°
280°-80°
270°-90°
260°-100°
250°-110°
240°-120°
230°-130°
Noord
-west
-oost
220°-140°
210°-150°
200°-160°
170°-190°
Pool
draad

B kunnen draaien. Dit bereikt men bijvoorbeeld door de rand goed glad te schuren.

Op S bevindt zich een duidelijke middellijn, die loopt van 0^h40^m naar 12^h40^m en het is wel prettig om door M nog een duidelijke middellijn hier loodrecht op te tekenen, die dan dus van 6^h40^m naar 18^h40^m gaat. Nu moet uit S een stuk worden geknipt dat ongeveer cirkelvormig is. U tekent daarom deze figuur eerst met een passer op B. De straal ervan is $12^1/_2$ cm en het middelpunt N vindt u op de middellijn, die van 0^h40^m naar 12^h40^m loopt en wel 261 mm van het punt 0^h40^m op de binnenste cirkel verwijderd en dus slechts 129 mm van het punt 12^h40^m op de binnenste cirkel. De lijn, waarlangs geknipt moet worden stelt de horizon van de waarnemer voor, maar voordat we de schaar in het karton zetten moet er nog getekend worden.

Het verdient aanbeveling om nu eerst de dwarsstreepjes van de windstreken en de azimuth-richtingen op de omtrek van het uit S te knippen stuk aan te brengen. Later gaat dat altijd moeilijker. Het begrip azimuth moet worden opgevat als een verfijnde manier om de windrichting aan te geven. Wanneer we de plaats van een ster direct ten opzichte van onze horizon willen opgeven, doen we dat in de sterrenkunde namelijk niet met declinatie en rechte klimming, maar met hoogte en azimuth. Het azimuth A wordt gemeten vanaf het zuidpunt via het westen langs de horizon van 0° tot 360°. Voor een ster precies in het westen is $A = 90°$. De poolster heeft een azimuth van omstreeks 180° en een hoogte van 52°. Op de rand van het uit S te knippen gedeelte, die de horizon voorstelt, geven we de azimuthrichtingen om de 10° aan. U kunt ze overnemen uit het boek (fig. 11a en 11b) op transparantpapier. Daarna legt men dit op S na er eerst een velletje carbonpapier onder te hebben geschoven. Dan neemt men de verdeling S over.

Nu knipt men uit S het in fig. 10 grijs gemaakte gedeelte uit. Bij P en Q maakt men twee openingen in S in de vorm van een rechthoek van 1 cm lengte en enkele mm breed. Neem het stuk lint, vouw het dubbel en knip het in tweeën. Ik heb geadviseerd geen wit lint te nemen, omdat die kleur bij veel gebruik vaak groezelig wordt. Neem nu een helft van het lint, vouw het nogmaals dubbel en plak dit tot op de helft dicht. De geplakte helft wordt door P gestoken en de beide niet ge-

plakte uiteinden worden aan de achterkant van S aan weerskanten van P vastgeplakt op S. Het tweede stuk lint ondergaat dezelfde bewerking, maar nu bij Q.

5. *Het maken van de sterrenkaart.* Als we met het knippen klaar zijn, komt het tekenen van de sterrenkaart aan de beurt. Men begint met op het grote vel transparantpapier het midden M te bepalen. Daarna trekt men om M cirkels met stralen van $12^1/_2$, 25, $37^1/_2$, $48^1/_2$, $57^1/_2$, $68^1/_2$, 81, $93^1/_2$, 108, 126, 145, 171, 198 en 250 mm. Dit zijn de parallelcirkels van 80°, 70°, 60°, 50°, 40°, 30°, 20°, 10°, 0°, —10°, —20°, —30° en —38° declinatie, benevens een hulpcirkel. Verder gaat de kaart niet, want het gedeelte van de hemel met declinatie kleiner dan —38° is in België en Nederland onzichtbaar en zelfs het gedeelte met een declinatie tussen —30° en —38° is slechts korte tijd zeer laag waar te nemen aan de zuidelijke horizon en dan nog alleen bij een vrij uitzicht en zeer gunstige weersomstandigheden. In principe zou het ook niet onmogelijk zijn de schaalverdelingen iets anders te kiezen en dit gebied te laten vervallen.

De kaarten in dit boek zijn precies op de juiste afmetingen vervaardigd, zodat men ze nadat het gradennet is aangebracht op transparantpapier kan copiëren. Begin dus met dat gradennet. Daarvoor verdeelt men met de gradenboog de hoek van 360° om M in 24 stukken van 15° en trekt dan om de 15° de rechte lijnen, die op de hemelbol met cirkels van rechte klimming 0^h, 1^h, 2^h, enz. overeenkomen. Het op deze wijze door ons gekozen projectiesysteem om de pool houdt de grootte van de sterrenbeelden ongeveer gelijk aan de indruk, die wij er van krijgen bij directe waarneming aan de hemel. Wiskundig is deze door ons gekozen projectie niet volkomen zuiver. Er bestaat natuurlijk geen enkel projectiesysteem, dat zo'n groot deel van een bol zuiver op een plat vlak afbeeldt. Bovendien is ook het woord zuiver hier verwarrend. Wij streven echter geen exacte projectie na, maar een voor de praktijk bruikbare sterrenkaart. De kleine onnauwkeurigheden, die aan de horizon optreden nemen we op de koop toe.

Wanneer we de 24 stralen hebben getrokken, schrijven we er de getallen 0^h, 1^h, 2^h, enz. bij in de juiste volgorde (met de klok mee). Daarna leggen we het transparantpapier op een van de

kaarten I tot VIII uit dit boek en gaan de kaart copiëren. Het is het beste met de poolkaarten I en II te beginnen. Hierbij moet u er rekening mee houden, dat de kaarten niet precies aan elkaar sluiten, maar bepaalde stukken van de hemel gemeenschappelijk vertonen. Eerst neemt u de sterren over en later de namen van de sterrenbeelden en de Griekse letters. Men kan bijvoorbeeld de namen van de sterrenbeelden en de Griekse letters bij de sterren in een andere kleur inkt tekenen. Het is mogelijk de melkweg met blauw kleurpotlood aan te brengen.

6. *De afwerking.* Alvorens de kaart in elkaar te gaan zetten, spant men een witte draad over karton B van het punt noord naar het tegenovergelegen punt zuid. Prik daarvoor eerst gaatjes in het karton bij de punten zuid en noord. Zorg dat de draad goed strak wordt gespannen en dat zij niet onder B, maar aan de bovenzijde loopt. Daarna brengt men met zwarte ballpoint een vlekje aan op de plaats van het zenith. Dit bevindt zich op een declinatie 52°, langs de draad ten zuiden van de poolster.

Men kan nu het beste alle schaalverdelingen op A en B met zwart ballpoint overtrekken. Dit vlekt niet op karton en steekt toch duidelijk af. Beschikt men over een schrijfmachine, dan kan men de namen van de maanden, de data, de tijden en de uren typen en dit alles opplakken op de juiste plaats op de kaart.

7. *Het in elkaar zetten en het gebruik.* Leg nu eerst het grote vel wit tekenpapier op tafel. Daarna komt de sterrenkaart en daarop wordt B gelegd, zodat de uitgeknipte cirkel precies op de omtrek van de sterrenkaart past (de hulpcirkel!). Leg nu S in B zo, dat de draad valt over de rechte lijn door M, waarbij 0^h rechte klimming staat. Controleer of het zenith op de draad wel precies bij 52° declinatie ligt en verbeter het eventueel. Nu legt men A op B, zodat de binnenste cirkel van A past op de middelste van B, dat is de derde van S van binnen af gerekend. Daar S groter is dan de opening in A, is S nu afgesloten. Nu draait men A zo over S tot de datum 21 september juist ligt tegen de tijd 0^h40^m. Boor dan vier gaatjes door A, B, de sterrenkaart en het witte papier in de vier hoekpunten,

precies 26 cm van M, dan kan de kaart niet meer in een verkeerde stand komen. Neem nu alles op en leg C achter het vel witte papier, boor de gaatjes ook door C. De schroeven worden door de gaatjes gestoken en met moeren bevestigd. Het is verder plezierig de rand van de kaart met plakband vast te zetten, waarbij men eventueel de vorm van het geheel kan veranderen. Een achthoekige of een cirkelvormige kaart doet het ook goed. In plaats van C van karton te maken, kunnen we ook een stuk board als achtergrond nemen. Op deze wijze ontstaat een draaibare sterrenkaart, die jarenlang meegaat en waarvan men de kaart zonodig kan vernieuwen.

Het gebruik van de kaart is buitengewoon eenvoudig. Is het bijvoorbeeld 12 november 's avonds tien uur, dus 22^h, dan zoekt u eerst op de buitenste schaal (karton A) de datum op, dus 12 november. Daarna draait u de kaart, dus de schijf S aan de linten rond tot 22^h op de uurschaal aanligt tegen 12 november. Nu is de gehele sterrenhemel van die datum en die tijd op de kaart zichtbaar.

Op jacht naar planeten

Niet alle heldere sterren, die op een avond onze aandacht kunnen trekken, komen op de sterrenkaart voor. Er bevinden zich namelijk een vijftal dwaalsterren of planeten aan de hemel, waarvan sommige zo helder zijn, dat ze zelfs met de sterren Sirius en Wega kunnen wedijveren. Het zijn soortgenoten van de aarde, die evenals onze eigen planeet een baan beschrijven om de zon, die hun oppervlak verlicht. Het zonlicht, dat ze in het heelal terugkaatsen, maakt deze op zichzelf donkere werelden tot lichtgevende sterren aan de nachtelijke hemel. Doordat ze zich bewegen om de zon, zien we ze nu eens in het ene sterrenbeeld en dan weer in het andere staan, als het ware geprojecteerd tegen de achtergrond van de veel verder verwijderde echte sterren. Daarom kunnen we ze ook niet op onze kaart intekenen. Ze bewegen echter ongeveer in hetzelfde vlak als de aarde, zodat we ze aan de hemel langs dezelfde baan zien lopen als de zon. De planeten moeten we steeds zoeken vlak bij de ecliptica.

De sinds onheugelijke tijden bekende planeten zijn: Mercurius, Venus, Mars, Jupiter en Saturnus. In het onderstaande

tabelletje vindt u: hun afstand tot de zon (*a*), hun omloopstijd (*P*) en hun diameter (*d*).

	a in kilometers	*P* in jaren en dagen	*d* in kilometers
Mercurius	58 000 000	88 dagen	4 800
Venus	108 000 000	225 „	12 200
Aarde	149 500 000	1 jr	12 757
Mars	228 000 000	1 „ 322 „	6 800
Jupiter	778 000 000	11 „ 315 „	142 700
Saturnus	1 426 000 000	29 „ 167 „	120 800

Het is natuurlijk onmogelijk zich deze enorme afstanden voor te stellen. Een denkbeeld van hun onderlinge verhoudingen krijgt men echter zonder moeite uit een tekening op schaal (fig. 12).

Wanneer men beschikt over een *Sterrengids* van het lopende jaar kan men daarin direct nagaan welke planeten er op een bepaald moment te zien zijn. Venus en Jupiter zijn de meest opvallende sterren aan de hemel. Voor de amateur zonder kijker is het de moeite waard te proberen Venus overdag te vinden. Begin met te wachten op een morgenverschijning van Venus. Zoek dan de planeet op in de schemering en ga om het kwartier kijken of u haar nog kunt vinden. Het zal dan blijken, dat Venus lang nadat de zon is opgegaan, nog duidelijk is te zien. Zelfs midden overdag is het mogelijk om Venus bij heldere hemel waar te nemen, mits men precies weet in welke richting men moet kijken. Zoek in de *Sterrengids* de datum op, waarop de maan zich vlak bij Venus bevindt en ga dan eerst de maan overdag opzoeken. Daarna zult u misschien Venus kunnen vinden.

Het volgende lijstje bevat de data, waarop de planeet Venus haar grootste elongatie bereikt, dat wil zeggen, waarop zij zover mogelijk van de zon af staat, gezien vanuit de aarde. Een aantal maanden rondom dat tijdstip is de planeet aan de morgen- of avondhemel te vinden. Bij de grootste oostelijke elongatie is Venus avondster, terwijl ze bij de westelijke elongatie morgenster is.

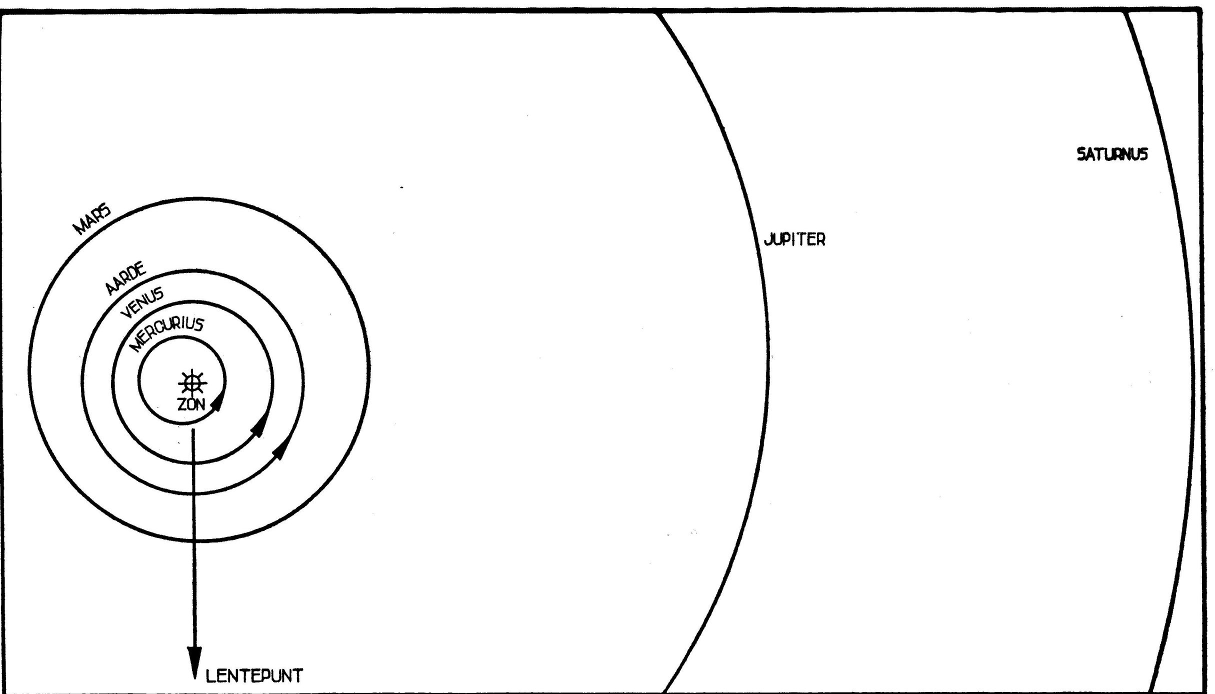


Fig. 12. De banen van de zonder kijker zichtbare planeten op ware schaal. De afstanden van de aardse planeten, Mercurius, Venus, Aarde en Mars zijn op deze schaal cirkelvormig, alleen bij Mars is duidelijk te zien, dat de zon niet precies in het midden staat. Vergeleken met deze vier planeten staan Jupiter en Saturnus veel verder van de zon.

VENUS

westelijke elongaties (morgenster)		*oostelijke elongaties* (avondster)	
20 juni 1961	4 apr. 1974	29 jan. 1961	13 nov. 1973
23 jan. 1963	7 nov. 1975	3 sep. 1962	18 juni 1975
29 aug. 1964	15 juni 1977	10 apr. 1964	24 jan. 1977
6 apr. 1966	18 jan. 1979	15 nov. 1965	29 aug. 1978
9 nov. 1967	24 aug. 1980	20 juni 1967	5 apr. 1980
19 juni 1969	1 apr. 1982	26 jan. 1969	11 nov. 1981
20 jan. 1971	4 nov. 1983	1 sep. 1970	16 juni 1983
27 aug. 1972	13 juni 1985	8 apr. 1972	22 jan. 1985

De heldere planeet Jupiter en de veel minder heldere planeet Saturnus (omstreeks 1^m) bewegen zich tamelijk langzaam tussen de sterren. Zoek zo'n planeet op een heldere avond in het hieronder aangegeven sterrenbeeld. Daartoe zoekt u eerst op de buitenste schaal van de sterrenkaart de juiste datum op van de maand van waarneming.

Draai dan de draaibare kaart tot de binnenste uurschaal met het tijdstip, waarop u wilt waarnemen, samenvalt met de waarnemingsdatum. Is het dus 10 juli 23 uur dan draait men tot 23^h aanligt tegen juli 10. Daarna plaatst men de kaart zo voor zich, dat de rand van de kaart, waar het gezochte sterrenbeeld zo dicht mogelijk bij ligt onder komt. Men ziet dan onmiddellijk in welke richting men moet kijken om dat sterrenbeeld te zien.

Neem nu het sterrenbeeld, waar de planeet zich moet bevinden over van uw sterrenkaart op een stukje transparantpapier. De planeet is te zien als een heldere ster, die niet op de kaart staat aangegeven.

Herhaal nu de waarneming ongeveer een maand later, dan zult u constateren, dat de planeet zich heeft verplaatst. Het is de moeite waard om die verplaatsing enkele maanden te volgen.

De volgende tabel geeft de data van oppositie van Jupiter in de volgende jaren. Bij oppositie staat de planeet vanuit de aarde gezien in tegenovergestelde richting als de zon en is de gehele nacht aan de hemel waarneembaar. In de maanden na oppositie vindt men Jupiter aan de avondhemel in het aangegeven sterrenbeeld.

oppositiedatum	*sterrenbeeld*	*oppositiedatum*	*sterrenbeeld*
20 juni 1960	Schutter	25 juli 1961	Steenbok
31 aug. 1962	Waterman	8 okt. 1963	Vissen
12 nov. 1964	Ram	16 dec. 1965	Stier
18 jan. 1967	Kreeft	19 feb. 1968	Leeuw
22 mrt. 1969	Maagd	22 apr. 1970	Weegschaal
24 mei 1971	Schorpioen	26 juni 1972	Schutter

Saturnus beweegt veel langzamer en doet meer dan twee jaar over het doorlopen van een sterrenbeeld. De opposities komen ieder jaar ongeveer elf dagen later en in de maanden er voor en er na vindt men de planeet steeds in de omgeving van het oppositiepunt (maximaal $3^1/_2$ graad er vandaan) dus in hetzelfde sterrenbeeld. De opposities vinden plaats op:

7 juli 1960	in de Schutter	18 juli 1961	in de Schutter
30 juli 1962	in de Steenbok	11 aug. 1963	in de Steenbok
22 aug. 1964	in de Waterman	3 sep. 1965	in de Waterman
17 sep. 1966	in de Vissen	30 sep. 1967	in de Vissen
13 okt. 1968	in de Vissen	26 okt. 1969	in de Ram
9 nov. 1970	in de Ram	24 nov. 1971	in de Stier
8 dec. 1972	in de Stier	22 dec. 1973	in de Tweelingen

Nog interessanter is de planeet Mars, waarover reeds zoveel is geschreven. We kunnen met eigen ogen die rode dwaalster in enkele maanden zien opvlammen tot een zeer heldere ster om daarna weer te verzwakken, als zij weer op groter afstand van de aarde komt.

Mars bereikt haar kortste afstand steeds enkele dagen voor of na de oppositiedatum. Reeds enige maanden daarvoor is de planeet als een roodachtige ster van ongeveer 1^m in de ecliptica te vinden, maar verscheidene tientallen graden ten westen van het sterrenbeeld, waar hij in oppositie zal komen. Die opposities vinden plaats op de volgende dagen in de daarachter aangegeven sterrenbeelden. Na de oppositie beweegt Mars zich een aantal maanden aan de avondhemel naar het oosten vanuit het oppositiepunt.

oppositiedatum	*sterrenbeeld*	*oppositiedatum*	*sterrenbeeld*
30 dec. 1960	Tweelingen	4 feb. 1963	Kreeft
9 mrt. 1965	Leeuw	15 apr. 1967	Maagd
31 mei 1969	Schorpioen	10 aug. 1971	Steenbok
25 okt. 1973	Ram	15 dec. 1975	Stier
21 jan. 1978	Kreeft	25 feb. 1980	Leeuw

Na de eerste waarneming van Mars is het niet nodig om een maand te wachten, maar reeds na enkele dagen of na een week is er een duidelijke verplaatsing te zien. Bovendien is het ook de moeite waard om eens goed op de helderheid van Mars te letten.

We hebben reeds vermeld, dat Ptolemaeus de sterren naar hun helderheid in zes groepen heeft verdeeld. Natuurlijk was die verdeling zeer grof. De astronomen uit later tijd hebben zijn verdeling sterk verfijnd. Een voorbeeld kunt u zien in het sterrenbeeld Orion, dat op een winteravond aan de zuidelijke hemel is te vinden (kaart V). Let nu eens op de drie zogenaamde gordelsterren, δ, ε en ζ. Volgens een voorlopige schatting zijn het sterren van 2^m. Gaat u echter precieser kijken, dan zult u merken, dat de middelste, ε, helderder is dan ζ en die is weer iets helderder dan δ. De vakmensen hebben dit nauwkeurig gemeten en drukken het in getallen uit door te zeggen, dat $\varepsilon = 1^m.75$; $\zeta = 2^m.05$ en $\delta = 2^m.48$. Wij kunnen dus met onze ogen vrij kleine verschillen van enkele tienden van magnitude duidelijk onderscheiden. Het is daarom ook goed mogelijk met het blote oog de helderheid van sterren te schatten en dat is bij Mars ook een dankbaar werkje.

U voert dat op de volgende manier uit: Zoek eerst aan de hemel twee sterren op, een iets helderder en een iets zwakker dan Mars. Schat daarna hoe Mars het helderheidsverschil tussen die twee sterren verdeelt. De sterren noemen we a en b en Mars geven we aan met v (de veranderlijke). Is nu onze indruk, dat Mars in helderheid precies tussen a en b in ligt, dan noteert u a 1 v 1 b. Is Mars helderder dan b, maar iets zwakker dan a, dan is de notatie a 1 v 2 b. Is Mars duidelijk veel helderder dan b en scheelt hij zeer weinig met a, dan wordt het a 1 v 3 b. Natuurlijk kunt u ook krijgen a 3 v 1 b of a 2 v 3 b, waarvan

de betekenis wel duidelijk zal zijn. Noteer de schatting in het waarnemingsboek, daarbij de datum met de juiste tijd en welke sterren u koos voor a en b.

Helaas is voor schattingen van Mars het aantal geschikte sterren niet groot, vooral als Mars erg helder is. Dan is de planeet helderder dan 1^m en om die helderheid in getallen uit te drukken heeft men de magnitudeschaal naar boven uitgebreid met 0^m, -1^m, -2^m enz. Het volgende lijstje bevat ze allemaal:

			m				m
α	Grote Hond	Sirius	— 1.6	α	Tweelingen	Castor	+ 1.6
α	Lier	Wega	+ 0.1	γ	Orion	Bellatrix	1.7
α	Voerman	Capella	0.2	ε	Orion		1.7
α	Boötes	Arcturus	0.2	β	Stier		1.8
β	Orion	Rigel	0.3	γ	Tweelingen		1.9
α	Kleine Hond	Procyon	0.5	ζ	Orion		2.0
α	Arend	Altair	0.9	β	Grote Hond		2.0
α	Stier	Aldebaran	1.1	β	Voerman		2.1
α	Schorpioen	Antares	1.2	κ	Orion		2.2
α	Maagd	Spica	1.2	β	Walvis		2.2
β	Tweelingen	Pollux	1.2	α	Ram		2.2
α	Zwaan	Deneb	1.3	β	Leeuw		2.2
α	Leeuw	Regulus	+ 1.3	α	Noorderkroon		+ 2.3

Natuurlijk wilt u het resultaat van uw waarnemingen omrekenen in magnitude. Principieel is dat zeer eenvoudig. Laten we bijvoorbeeld aannemen, dat Aldebaran en Castor uw vergelijkingssterren a en b respectievelijk waren. Hun magnitudes zijn 1.1 en 1.7; het verschil is 0.6. Is de schatting dus a 1 v 1 b dan ligt v er juist tussen in, dus verschilt $0^m.3$ met a en b; v = $1^m.4$. Was de schatting daarentegen a 1 v 2 b dan moet het verschil 0.6 in de verhouding 1 : 2 worden verdeeld en v scheelt dus met a slechts $0^m.2$ en met b dan $0^m.4$, zodat v = $1^m.3$.

De dampkring werkt tegen

In de meeste gevallen is de bovenstaande eenvoudige methode gebruikt om waarnemingen van veranderlijke sterren te bewerken, maar mag men ze alleen toepassen, als de vergelijkingssterren even hoog staan, wat gezien het betrekkelijk geringe aantal heldere sterren wel zelden het geval zal zijn.

Het licht van een ster, dat een aardse waarnemer bereikt, moet om bij ons te kunnen komen een lange weg door de atmosfeer afleggen en op die tocht wordt de intensiteit er van verzwakt. Nu hangt de lengte van die lichtweg af van de hoogte van de ster (fig. 13), zodat laagstaande sterren meer verzwakt

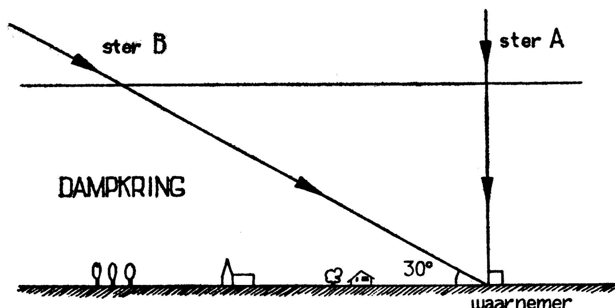


Fig. 13. Een waarnemer aan het aardoppervlak ziet de sterren vanaf de bodem van een „oceaan van lucht". Het licht dat daar eerst doorheen moet dringen wordt aanzienlijk verzwakt, maar een zenithster (A) wordt natuurlijk minder verzwakt dan een lager staande ster (B), omdat het licht in het laatste geval een veel langere weg door de dampkring moet afleggen.

worden dan sterren, dichter bij het zenith. Als Mars nu niet al te helder is, zijn er beslist altijd wel een paar geschikte vergelijkingssterren te vinden, maar die staan zelden op dezelfde hoogte als de planeet. Het licht van die sterren wordt dan niet even sterk verzwakt als dat van Mars en bij het omrekenen van uw schatting in magnitude moet er worden gecorrigeerd voor het verschil in verzwakking van de vergelijkingssterren. Het getal, dat men daarvoor moet weten heet de extinctiecoëfficient.

De bepaling daarvan is het eenvoudigste uit te voeren met figuur 14. Dat is een kaart van een deel van de circumpolaire sterrenhemel. Deze kaart is draaibaar om de poolster en men kan haar het beste in dezelfde stand voor zich leggen als de sterrenhemel op het ogenblik van de waarneming. Zoek dan een ster op van ongeveer 4^m of 5^m op een hoogte van ongeveer 25° (ca de helft van de hoogte van de poolster) en daarna in de omgeving van het zenith (niet verder dan 30° er vandaan) een ster die op dat moment even helder lijkt (maar in werkelijkheid helderder is!). Lees daarna de helderheid van beide sterren af en men ziet dat de zenithster ongeveer $0^m.3$ of $0^m.4$

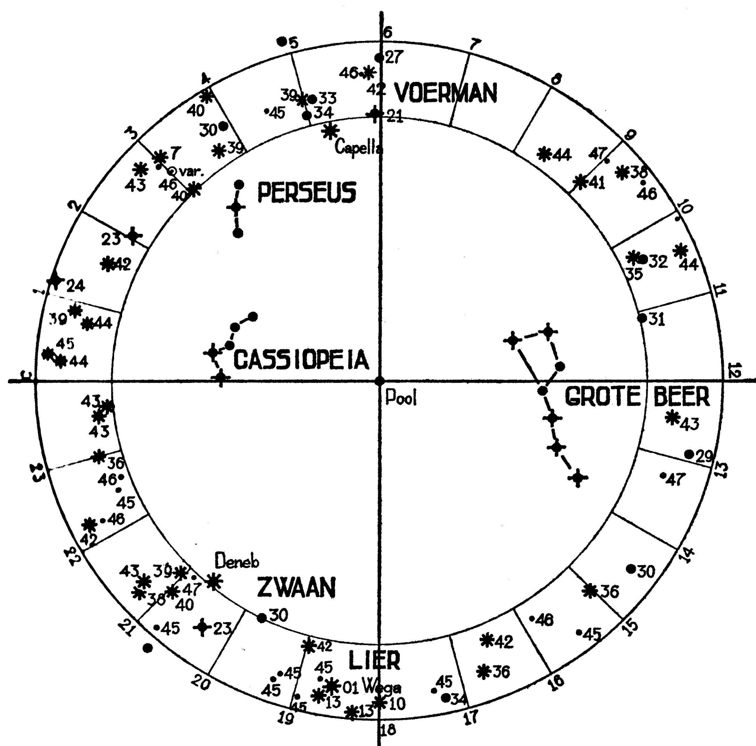


Fig. 14. De circumpolaire sterren tussen 35° en 45° declinatie zijn bruikbaar om de extinctie te bepalen. De helderheden in tienden van magnituden zijn vermeld (zonder decimaalteken). Midden op het kaartje is de pool, zodat het in de juiste stand kan worden gedraaid bij gebruik.

zwakker is. Herhaal dit voor een ster op 15° (een derde van de hoogte van de poolster) en een op 10°. De eerste is bijna $0^m.6$ verzwakt, de tweede nog meer. In het waarnemingsboek schrijft u die verzwakkingen op naast de bijbehorende hoogten. Deze hoogten kunnen als men over een hoogtemeter of een jakobstaf beschikt eenvoudig worden opgemeten.

De verdere bewerking kan aan de schrijftafel verricht worden. Van de waargenomen extinctie maken we een grafiekje en hieruit bepalen we de waarde van de extinctiecoëfficient. Dit gaat op de volgende manier: het resultaat van onze waarnemingen was bijvoorbeeld een lijstje, dat er als volgt kan uitzien:

gemeten hoogte van ster *m*	van even heldere zenithster	ware *m*
27°	3.7	3.5
22	4.2	3.9
15	4.3	3.8
10	3.5	3.0

Het verschil van beide magnitudes is de extinctie *E*, die wordt uitgezet tegen de hoogte (fig. 15). In eerste benadering is de grafiek een steile dalende rechte lijn, die zich geleidelijk hori-

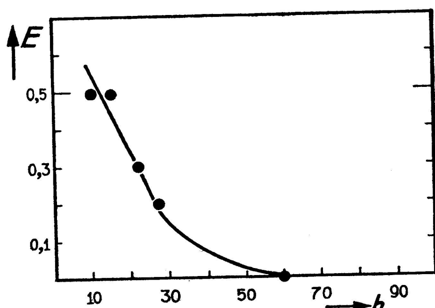


Fig. 15. Door de extinctie waar te nemen van enkele circumpolair-sterren van figuur 14 en die (*E*) uit te zetten tegen de hoogte (*h*), kan men de verzwakking vinden, die willekeurige vergelijkingssterren ondergaan.

zontaal begint te krommen, terwijl zij bij hoogte 60° praktisch nul wordt. Met deze grafiek bewerken we nu onze Marswaarneming.

Laten we weer als voorbeeld aannemen, dat onze vergelijkingssterren bepaald zijn door de volgende gegevens: ster a is Sirius, staat 10° hoog en de helderheid is $m = -1.6$ en ster b is Capella op een hoogte van 60° met een magnitude $m = 0.2$. Uit de extinctiegrafiek zien we dat Sirius $0^m.5$ wordt verzwakt, dus we zien haar als een ster van $-1^m.1$, terwijl Capella niet wordt verzwakt. Nemen we nu bijvoorbeeld aan, dat de Marswaarneming was a 4 v 1 b, dan is de helderheid van Mars $(-1.1 \ -0.2) : 5 = -0.3$.

Het meten van de hoogte van de sterren, die nodig zijn om de extinctie te vinden, evenals de hoogte van de beide vergelijkingssterren kan tijdrovend zijn en is te vermijden als we

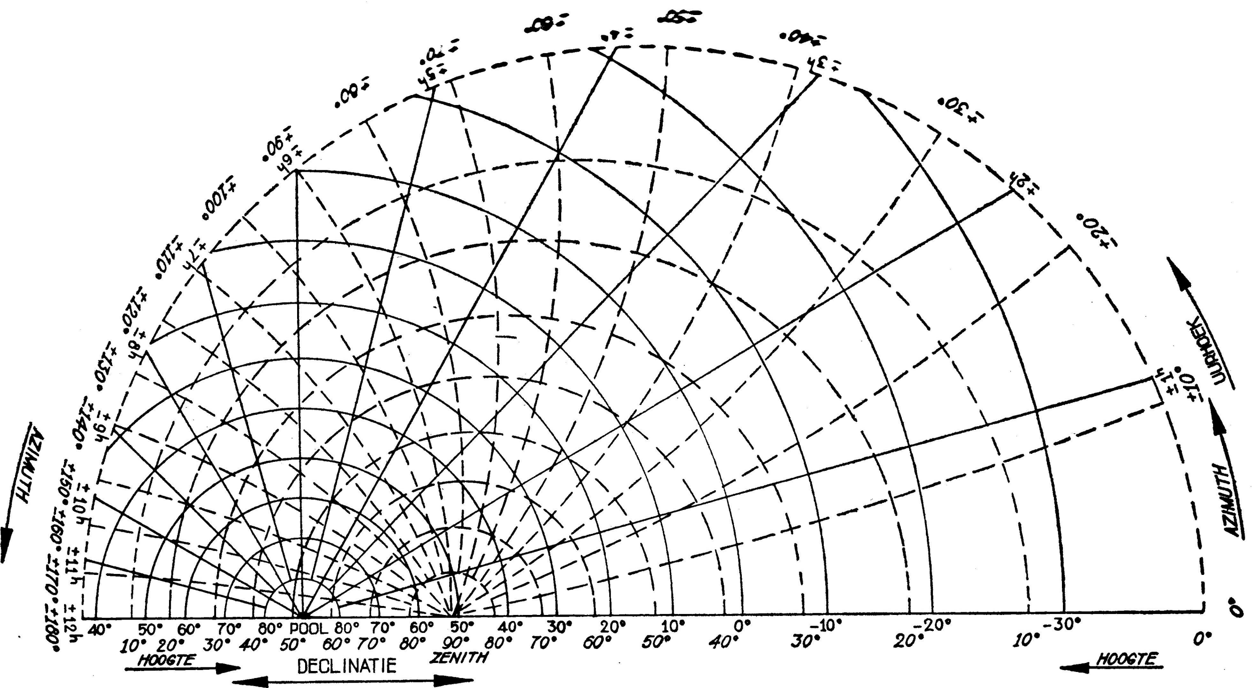


Fig. 16. Met deze abaque kan men hoogte en azimuth van een ster (gestippelde stelsel) omzetten in uurhoek en declinatie (voluit getrokken systeem) en omgekeerd.

nauwkeurig de tijd van de waarneming en de namen der vergelijkingssterren kennen.

Het is immers ook mogelijk de hoogten achteraf te berekenen. Daartoe moeten we het tijdstip van de waarneming omrekenen in sterrentijd. Onze gewone tijd berust min of meer op de beweging van de zon. Dat is niet helemaal juist, want niet de echte zon, maar een denkbeeldige middelbare zon, die regelmatiger loopt dan de echte, regelt de gang van onze klokken. De sterrentijd echter wordt vastgelegd door de stand van het lentepunt in de Vissen. Culmineert dat punt dan is het 0 uur sterrentijd (0^h). Is het vijf uur geleden dat het culmineerde, dan is het 5^h sterrentijd. Culmineert het lentepunt in Brussel, dan duurt het nog omstreeks een kwartier voor het in Greenwich zal culmineren. We moeten dus spreken over de plaatselijke sterrentijd. In de *Sterrengids* wordt de sterrentijd te Greenwich voor een groot aantal data opgegeven, terwijl we onze sterrentijd krijgen door daar ongeveer 20^m bij te tellen. Wenst men de sterrentijd zeer precies, dan moet men corrigeren met de lengte van de waarnemingspost, terwijl men bovendien rekening moet houden met het feit dat 24 uren gewone tijd overeenkomen met 23^h56^m sterrentijd. Voor een globale berekening is dat echter van weinig ingrijpende invloed.

Meet nu op de sterrenkaart de coördinaten α en δ van de vergelijkingssterren en de extinctiesterren en zet die om in hoogte en azimuth. We bespreken zo'n omzetting voor een der sterren. Bereken eerst de uurhoek t door de rechte klimming van de sterrentijd af te trekken en zoek nu in figuur 16 het punt t op. Is bijvoorbeeld $t = 1^h20^m$ en $\delta = 16°$, dan zoeken we in het voluit getekende systeem dit punt op en lezen in het gestippelde stelsel af $A = 30°$ en $h = 50°$. Is $t = -4^h30^m$ en $\delta = -4°$, dan is $A = -70°$ en $h = 10°$, enz.

Op deze wijze is het mogelijk de hoogten te berekenen en dan kan een helderheidsschatting zonder veel moeite op de vroeger reeds beschreven wijze worden gereduceerd.

De zwerver Mercurius

De planeet Mercurius is voor een amateur zonder kijker beslist de meest interessante van de vijf dwaalsterren. Wanneer u een plekje kunt vinden, waar het mogelijk is zonder storend stads-

licht de westelijke horizon en zo mogelijk ook de oostelijke te overzien, dan is het mogelijk zich te wagen aan de jacht op Mercurius. In de volgende tabel zijn de dagen van grootste oostelijk elongatie (Mercurius staat dan ten oosten van de zon en is 's avonds aan de westelijke hemel te vinden) en van de grootste westelijke elongaties (verschijning aan de morgenhemel) vermeld:

	morgenster			*avondster*		
1960	feb. 23	juni 18	okt. 15	apr. 7	aug. 5	nov. 24
1961	feb. 6	juni 1	sep. 27	mrt. 21	juni 19	nov. 7
1962	jan. 20	mei 13	sep. 9	mrt. 2	juli 1	okt. 22
1963	jan. 4	apr. 26	aug. 24	feb. 12	juni 13	okt. 6
	dec. 18					
1964	apr. 7	aug. 5	nov. 29	jan. 26	mei 25	sep. 18
1965	mrt. 21	juli 18	nov. 12	jan. 7	mei 6	sep. 1

Alleen als de hemel tot aan de kim volkomen helder is, heeft het zin om naar Mercurius te zoeken. Het beste is dan om de sterrenkaart in te stellen op de juiste datum en het tijdstip van waarneming en het azimuth af te lezen, waar de ecliptica de horizon snijdt. In deze richting gaat u zoeken omstreeks een half uur na zonsondergang bij een avondverschijning en niet te hoog boven de kim. Soms kan de maan of Venus het zoeken vergemakkelijken. In de *Sterrengids* vindt u daar dan wel een kaartje van.

Het geeft altijd een grote voldoening deze zwakke planeet te ontdekken in de schemering en meestal laag boven de horizon. Het zou interessant zijn om bij gunstige weersomstandigheden eens te onderzoeken hoeveel dagen de planeet eigenlijk wel te zien is en zonder instrumenten gevolgd kan worden bij een verschijning. Wie een kijker bezit, kan zien dat Mercurius net als de maan schijngestalten vertoont en niet altijd even groot is. Helaas is het niet mogelijk de helderheid te schatten, want in de schemering zijn er geen geschikte vergelijkingssterren in voldoend aantal te zien en bovendien is het erg moeilijk de helderheid van zo'n laagstaand object op de juiste wijze voor de extinctie te corrigeren.

De andere planeten van ons zonnestelsel, Uranus, Neptunus en Pluto en de vele planetoïden zijn zonder instrumenten niet of moeilijk waarneembaar.

III. BOODSCHAPPERS UIT HET HEELAL

Er valt een ster! — Micrometeorieten vangen met magneet en grammofoonnaald — Het waarnemen van meteoren — Sterrenregens en eenzame meteoren — De Perseïden — De Quadrantiden — De Lyriden — De Orioniden — Een sterrenregen, die verscheen en.... verdween — Vuurbollen — Hoogte en baan van een vallende ster — Radianten bepalen — Op zoek naar zenders in de dampkring.

Vallende sterren behoren niet tot de zeldzame verschijnselen aan de hemel. Iedere nacht kunnen we ze waarnemen, als we met voldoende geduld de hemel rustig beschouwen en dan maar afwachten, want waar en wanneer we zo'n vallende ster moeten verwachten, kunnen we niet voorspellen. Soms duurt het lang, maar bijna altijd wordt geduldig wachten na enige tijd beloond. Er valt een heldere of een zwakkere ster, een lichtflits schiet voorbij en soms blijft er een flauw lichtgevend spoor langs de meteoorbaan achter. In werkelijkheid is er echter geen sprake van het vallen van een ster. Het lichtverschijnsel, dat men gewoonlijk een vallende ster pleegt te noemen, is in werkelijkheid helemaal geen ster en daarom spreken we liever van een meteoor.

Behalve de planeten, de zon en de sterren bevinden er zich in de wereldruimte nog zeer veel kleinere voorwerpen, die langs allerlei banen bewegen in de uitgestrekte ruimte. Binnen het stelsel, dat gevormd wordt door onze zon en de haar omringende planeten bevindt zich in ieder geval een groot aantal van die kleine objecten, die langs elliptische banen bewegen. Komt nu zo'n klein hemellichaam op zijn reis door het heelal te dicht bij de aarde, dan wordt het van zijn baan afgetrokken door onze planeet en naar de aarde toegetrokken. Met een grote snelheid doorklieft het onze dampkring en dan ontstaat er een lichtverschijnsel. Het voorwerp zelf wordt een meteoroide genoemd en het lichtverschijnsel een meteoor. Op zijn snelle tocht (de snelheid is van de orde van 50 km/sec) door de dampkring ontmoet het steentje of brokje metaal een aantal luchtdeeltjes. Bij die grote snelheden van enkele tientallen kilometers per seconde is zo'n botsing natuurlijk altijd catastrofaal.

Zowel van de meteoroide als van de luchtdeeltjes worden er brokken afgeslagen, terwijl de wegvliegende en getroffen deeltjes lichtgeven. Is het deeltje heel erg klein, zodat het een micrometeoriet wordt genoemd, dan wordt het spoedig vertraagd en als zijn snelheid volkomen is afgeremd, dwarrelt het tenslotte langzaam vertikaal omlaag om na enkele uren of dagen soms de aarde te bereiken en op het oppervlak neer te komen. Is het deeltje groot, dan wordt het praktisch niet in zijn vaart geremd. Bijna eenparig snelt het voort tot het dieper in de dampkring doordringt, waar het steeds meer luchtdeeltjes ontmoet, zodat het snel verder verbrokkelt. De massa van de meteoroide verdampt nu geheel. Nog grotere voorwerpen zijn in staat tot op enkele tientallen kilometers hoogte door te dringen, waar de dampkring zo dicht wordt, dat de kracht van de botsingen zo enorm hevig wordt, dat het stevigste materiaal niet meer tegen de hevige spanningen bestand is en meestal exploderen ze dan ook met een knal aan het einde van hun baan. De brokken, die er tevoren reeds af waren gevlogen en die bij de explosie ontstaan, komen naar beneden en vallen op de aarde. Ze vormen een veld met ronde kraterputjes, waarvan elk is ontstaan door het inslaan van een brok van het object. Het gehele veld vertoont de vorm van een ellips. Soms gelukt het om enkele brokken op te graven van het oorspronkelijke voorwerp. Die worden dan meteorieten genoemd. In verschillende musea worden dergelijke bezoekers uit de wereldruimte bewaard.

Micrometeorieten vangen met magneet en grammofoonnaald

De meteoren vormen een uitgebreid arbeidsveld voor de amateurastronoom. Allereerst kan hij zich bezig houden met micrometeorieten. Die hebben afmetingen, variërend van 0.000 1 tot 0.01 cm en hun aantal is zeer groot. Een Duitse astronome, mevrouw Ahnert berekende eens, dat er 500 deeltjes van 0.001 cm per dag op 1 cm^2 neervallen. Men heeft natuurlijk al heel wat moeite gedaan om die kleine deeltjes te vinden. Als meteoor aan de sterrenhemel zijn ze niet te zien. Zelfs in een grote kijker zijn ze onzichtbaar. Men kan uitrekenen, dat een bolletje met een straal van 0.0001 cm een meteoor moet opleveren van maar slechts 27^m, veel te zwak dus om zelfs met

onze allergrootste kijker te kunnen zien! We moeten die micrometeorieten dus langs een andere weg vinden en wel als stofjes aan het aardoppervlak. Hiervoor bestaan misschien wel mogelijkheden. Er zijn namelijk twee soorten meteorieten, steen- en ijzermeteorieten en de tweede soort is in ieder geval met een magneet te vinden. Wie ze wil zoeken moet zich dus een magneetje aanschaffen. Het magneetveld is te concentreren door op de beide polen een grammofoonnaald te plaatsen. Dit toestel wordt binnen een houten omhulsel zonder dak geplaatst om storende invloeden (wind!) tegen te gaan. Daarna wordt het buiten geplaatst en om de twaalf uur (acht uur 's morgens en acht uur 's avonds) wordt de naald vernieuwd. De oude naalden, waarop zich de eventuele meteoorstof bevindt, moeten zorgvuldig worden opgeborgen en later met een microscoop worden onderzocht. Een ijzermeteoriet bevat ook altijd nikkel en dit is langs scheikundige weg zelfs in zeer kleine hoeveelheden nog aan te tonen.[1] Er zijn in Nederland pogingen gedaan dit werk uit te voeren door amateurs samen met vakmensen. Helaas is er door verschillende omstandigheden weinig van terechtgekomen. De sterrenvriend met een beetje scheikundekennis kan hier dus aan het werk. Zowel Amerikanen als Duitsers beweren reeds micrometeorieten te hebben gevonden in sneeuw, op dakgoten en in regenputten. Industrierook en aardse stofdeeltjes kunnen echter ook worden opgevangen en zijn heel moeilijk van micrometeorieten te onderscheiden. Het beste selectiekenmerk is, dat de meteorieten nikkel bevatten en de aardse deeltjes meestal niet.

Het waarnemen van meteoren

Hoewel u misschien met belangstelling het bovenstaande hebt gelezen, zult u zich zonder chemische kennis misschien niet tot dit werk aangetrokken voelen. Desondanks kunt u meteoren waarnemen, want naast de micrometeorieten vormen de gewone meteoren ook een interessant onderwerp.

Daarvoor zijn geen instrumenten nodig. Men moet slechts zorgen voor de volgende benodigdheden:

1. een potlood en een liniaal;

[1] Zie het tijdschrift *De Meteoor 12*, 43, 1956.

2. een papier voor het optekenen van de waargenomen meteoren en alle verdere omstandigheden, die van belang zijn;
3. een sterrenkaart van het waar te nemen gebied;
4. een uurwerk;
5. passende verlichting voor het aflezen van de klok en voor het maken van notities.

Kies allereerst een deel van de hemel uit, dat vanaf uw waarnemingsplaats voordelig is te overzien of dat zich speciaal leent voor het waarnemen van de te verwachten meteoren. U installeert u behaaglijk (ligstoel!), goed beschut tegen de koude, die u bij het stilzitten in de nacht belaagt en begint met de hemelstreek, die u hebt uitgekozen, zorgvuldig met de kaart te vergelijken en grondig te bestuderen, zodat u de sterren van de vierde magnitude en helderder in een oogwenk kunt vinden en herkennen. De grootte van het gebied, dat u gaat bewaken moet aangepast worden aan het voor ons oog direct waar te nemen oppervlak. In het algemeen is een cirkelvormig gebied met een diameter van 60°, waarvan het middelpunt bijvoorbeeld 60° hoog ligt, wel geschikt.

De waargenomen meteoren worden opgetekend op een papier, waarop van tevoren een nummering is geplaatst, die met 1 begint en het gehele jaar doorloopt, zodat men aan het eind van het jaar precies weet hoeveel meteoren men heeft waargenomen. Achter het nummer wordt in de eerste plaats de tijd genoteerd, die van de onder 4 genoemde klok wordt afgelezen. Dit behoeft geen precisie-uurwerk te zijn. Een goed horloge is uitstekend bruikbaar, mits dit iedere avond (bijvoorbeeld voor de nieuwsberichten van zeven uur) met de tijdseinen van de radio wordt vergeleken en niet op zak of aan de pols wordt gedragen, maar op een vaste plaats rustig wordt neergelegd. De laatste van de zes fluittoontjes van het radiotijdsein valt precies samen met het aan te geven tijdstip. Op dat moment leest u de klok af (eerst de secondewijzer!). Het verschil tijdsein minus kloktijd wordt de klokcorrectie genoemd. De klok, die we voor onze waarnemingen gebruiken zetten we dus niet gelijk, maar we tekenen de klokcorrectie op bij het begin van onze waarnemingen van een bepaalde avond.

De onder 5 genoemde verlichting kan het beste bestaan uit een rood gekleurde lamp, waarvan de waarnemer zelf experi-

menteel moet vaststellen welke lichtsterkte het meest voldoet. Een zaklantaarn met rood licht is ook bruikbaar, maar heeft het nadeel, dat de batterij geregeld moet worden vernieuwd. Een gewone elektrische lamp is dus gemakkelijker. De daarvoor nodige aansluiting op het elektrische net is meteen geschikt om er een elektrisch kacheltje op aan te sluiten (om de voeten warm te houden!).

Voor iedere meteoor, die u ziet, noteert u behalve de tijd ook de helderheid, de kleur, de lichtkromme en eventuele bijzonderheden, zoals een nalichtend spoor, een staart of een explosie aan het eind van de baan. Het is nodig na het verschijnen van een meteoor enige ogenblikken rustig te blijven kijken om zich goed te realiseren hoe de meteoorbaan tussen de sterren liep en welke bijzonderheden er waren te zien. Lees pas daarna de klok af en verminder het afgelezen tijdstip met een kleine correctie voor de tijd, die verlopen is tussen het zien van de meteoor en het aflezen van de klok. Die correctie moet geschat worden.

Daarna wordt de baan van de meteoor, zoals die tussen de sterren gezien is op de kaart ingetekend. Voor die onder 3 genoemde sterrenkaart van de waar te nemen hemelstreek, kan men een van de kaartjes uit dit boek overnemen op transparant papier. In het algemeen is een meteoorbaan daar wel als een rechte lijn op te tekenen. Bij hele lange banen echter zal dat niet meer lukken, omdat de vertekening van de kaart invloed krijgt. Het mooiste is dan ook een voor dit werk passende kaart te gebruiken. Die is dan uitgevoerd in een speciale projectie (de zogenaamde gnomonische projectie), zodat iedere normale meteoorbaan, hoe lang ook, er als een rechte lijn op is te tekenen. Alleen als de meteoor door een explosie of iets dergelijks van haar gewone baan afwijkt, krijgen we knikken of bochten. Zulke kaarten zijn in Nederland uitgegeven door de Werkgroep Meteoren van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde. De figuren 8 en 17 zijn in deze projectie uitgevoerd. De meteoorbaan wordt op de kaart getekend als een rechte potloodlijn, waarvan het eindpunt van een pijlspits wordt voorzien en het beginpunt, als dit met voldoende zekerheid bekend is, door een dwarsstreepje (fig. 17). Verder wordt het nummer naast het eindpunt geschreven.

De helderheid van de vallende ster wordt in halve magnituden geschat. Daarbij kunnen bekende sterren als vergelijking

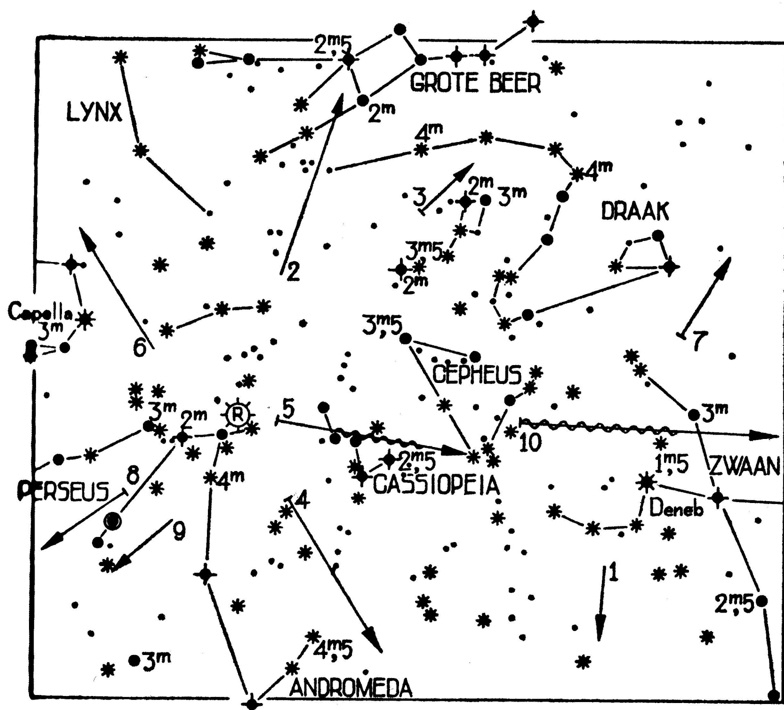


Fig. 17. Tussen de sterrenbeelden Perseus en Cepheus bevindt zich de radiant van de Perseïden, vallende sterren, die elk jaar weer in augustus in grote getale verschijnen. De banen er van kan men op deze kaart intekenen als rechte lijnen omdat ze in gnomonische projectie is uitgevoerd. Het eindpunt voorziet men van een pijltje en het beginpunt (mits dit werkelijk is gezien) van een dwarsstreepje. Vaak ziet men een deel van de baan nalichten (golflijn), terwijl een aantal waargenomen banen na achterwaartse verlenging duidelijk uit een punt schijnen te komen, de radiant (R) in Perseus. Deze verplaatst zich iedere dag een stukje langs de hemel en daarom mag men alleen banen van een nacht met elkaar combineren. Bij iedere meteoorbaan is het nummer vermeld, terwijl ook de magnitudes van enkele sterren op de kaart staan aangegeven.

dienen en daarom zijn op enkele kaarten, die voor het tekenen van meteoorbanen bruikbaar zijn (fig. 17) ook magnitudes van een aantal sterren vermeld. De lichtkromme (fig. 18) is een schematische weergave van het verloop van de helderheid. De plaats van een nalichtend spoor, dat is dus het deel van de meteoorbaan, dat na het passeren van de meteoroide blijft nalichten, kunt u op de sterrenkaart tekenen met een golflijntje.

Als een spoor langer dan een minuut zichtbaar blijft is het zeer waardevol iedere minuut de plaats er van te noteren. Tenslotte moet men er de hand aan houden alleen met zekerheid waargenomen gegevens te noteren.

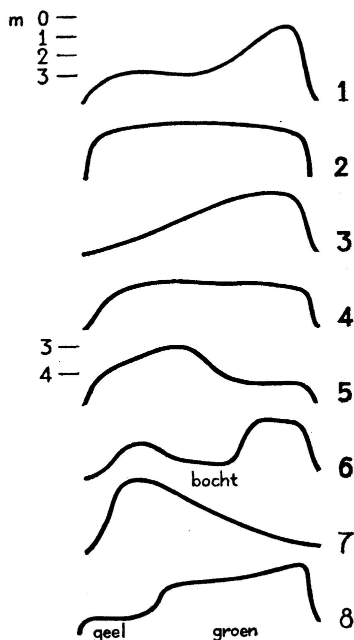


Fig. 18. Een lichtkromme van een meteoor is een schematische voorstelling van het waargenomen helderheidsverloop. De vorm van deze kromme wordt bepaald door de wijze, waarop de meteoroide in de atmosfeer verdampt en hangt dus samen met haar samenstelling en structuur.

Sterrenregens en eenzame meteoren

Natuurlijk zijn er niet iedere avond evenveel meteoren te zien. In bepaalde nachten zijn er vrij veel waar te nemen, terwijl de tijd van het jaar en het uur van de nacht ook invloed op het zichtbare aantal (de frequentie) hebben. In het algemeen zullen we er in de nanacht meer zien, dan voor twaalf uur. Deze dagelijkse variatie wordt veroorzaakt door de aswenteling van de aarde, terwijl deze tegelijkertijd haar baan om de zon beschrijft. Zoals een fietser, die een muggenzwerm doorkruist

meer muggen tegen de voorkant van zijn jas, dan tegen de achterkant zal krijgen, zo ontmoet de voortsnellende aarde meer meteoorstenen aan haar „voorkant" dan aan de „achterkant". Het punt in de ruimte, waarheen de aarde zich schijnt te bewegen wordt het apex genoemd. Bevindt dit apex zich precies in ons zenith dan ontmoeten we de meeste meteoren en hoe lager het staat, hoe minder meteoren. Omdat de aarde draait om een as, beweegt het apex langs de sterrenhemel. Het bevindt zich echter steeds 90° ten westen van de zon en komt dus een aantal uren voor de zon op, maar gaat ook voor de zon onder. Het apex valt ongeveer samen met de maan in haar stand van laatste kwartier. Daarom zijn er in de morgenuren meer meteoren, dan in de avond. Ook zijn er aan de oostelijke hemel meer dan aan de westelijke (de zogenaamde azimuthale variatie).

Op dezelfde wijze is de invloed van de tijd van het jaar te verklaren. Het apex doorloopt de ecliptica en komt in onze herfst 's nachts hoog boven de horizon (evenals onze laatste kwartier-maan), terwijl het in de voorjaarsnachten juist laag staat. Natuurlijk is deze laatste jaarlijkse variatie afhankelijk van onze plaats op aarde, aan de evenaar is zij zelfs in het geheel niet waarneembaar. Tenslotte speelt ook de gemiddelde snelheid van de meteoren zelf een rol, want als er veel meteoren aanzienlijk sneller bewegen dan de aarde, zal het effect veel minder zijn, dan wanneer dat er slechts weinig zijn. Het aantal auto's, dat een fietser ontmoet op een drukke weg, zal iets groter zijn, dan het aantal dat hem inhaalt, maar het aantal fietsers, dat hij ontmoet op het even drukke rijwielpad zal veel groter zijn dan het aantal dat hem inhaalt. Het verschil in snelheid tussen auto's en fietsen is hier de beslissende factor.

Er zijn bepaalde data, waarop geregeld meer meteoren plegen te verschijnen dan gewoonlijk. Dat zijn de nachten van de grote sterrenregens. De belangrijkste zijn:

	te zien	radiant δ	α
de Quadrantiden	op 3 of 4 januari	235°	53°
de Lyriden	tussen 18 en 24 april	273	35
de Mei-Aquariden	op 4, 5 en 6 mei	338	— 1
de Scorpiïden	tussen 10 en 20 juni	270	—30

de Juli-Aquariden	van 26 tot 31 juli	344	—16
de Perseïden	van 10 tot 15 augustus	45	56
de Draconiden	op 10 oktober af en toe	266	53
de Orioniden	van 18 tot 23 oktober	94	15
de Tauriden	van 3 tot 10 november	55	24
de Geminiden	op 12 en 13 december	114	28
de Ursiden	op 22 december	217	76

De Perseïden

De meest interessante sterrenregen is die van de Perseïden. Wie tussen 10 en 15 augustus een kwartiertje de hemel waarneemt, zal beslist meteoren zien verschijnen. Misschien moet u even wachten, maar soms komen ze in zo'n groot aantal, dat een waarnemer er meer dan 100 per uur kan zien. De banen van de in enkele uren waargenomen Perseïden vertonen iets merkwaardigs (fig. 17). Op de kaart zien we, dat ze na achterwaarts te zijn verlengd elkaar in de buurt van eenzelfde punt snijden. Het lijkt wel of ze allemaal uit een punt komen, waaromheen zich de snijpunten van de waargenomen banen spreiden tengevolge van de waarnemingsfouten. Dat punt, de radiant, bevindt zich in Perseus en daar ontleent de sterrenregen haar naam aan. In werkelijkheid doorlopen de Perseïden banen in de ruimte, die evenwijdig aan elkaar lopen en vrij dicht bijeen liggen. Het lijkt daarom alsof ze uit één punt komen, net zoals twee evenwijdige spoorrails in de verte samen schijnen te lopen. De richting naar de radiant is de richting van waaruit de meteoren afkomstig schijnen te zijn. Daaruit kan men de ligging van de baan in het zonnestelsel bepalen, zodat het vaststellen van de juiste positie van een radiant van een sterrenregen voor de wetenschap belangrijk is. Het is zeer goed mogelijk om de Perseïdenradiant zelf te bepalen, mits u slechts een paar uurtjes geduldig waarneemt. Het is ook interessant dit een aantal avonden achter elkaar te doen (als het tenminste helder is) en dan zult u constateren, dat de radiant zich schijnt te verplaatsen. Dit is voornamelijk een gevolg van de baanbeweging van de aarde.

Niet alle meteoren, die u op een avond omstreeks twaalf augustus ziet zijn Perseïden. Er zijn er ook bij, die niet vanuit het sterrenbeeld Perseus komen. Die noemt men sporadische

meteoren, zoals er iedere heldere nacht aan de hemel te zien zijn en waarvan men niet weet tot welke sterrenregen ze behoren of zelfs of ze wel tot een zwerm moeten worden gerekend. Bij het bepalen van een radiant moeten we natuurlijk alleen de Perseïden gebruiken. Het is dus van belang in de kolom opmerkingen in uw waarnemingslijst de Perseïden direct met een P te merken.

Ieder jaar keren de Perseïden in augustus terug. De kleine meteorieten bewegen zich in een langgerekte elliptische baan om de zon, die de aardbaan snijdt in punten waar de aarde zich omstreeks twaalf augustus bevindt. Al die Perseïden-banen wijken niet zoveel van elkaar af en zij komen vrij goed overeen met de baan van een komeet, die in het jaar 1862 verscheen. Er is dus blijkbaar een verband tussen beide, maar hoe dat precies in elkaar zit weet men nog niet volkomen. Er zijn nog meer sterrenregens, waarvan men de bijbehorende komeet kent. Sommige meteoorzwermen hebben echter geen komeet of misschien kennen wij die (nog?) niet.

De Quadrantiden

De Quadrantiden, die eigenlijk Boötiden moeten heten, omdat het sterrenbeeld Muurquadrant niet meer bestaat, zijn een der belangrijkste sterrenregens, die wij momenteel kennen. Zij blijven echter heel vaak onopgemerkt door het slechte weer, dat meestal heerst in onze streken in de tijd, waarin ze verschijnen. Bovendien is de tijd, waarin ze zijn te zien slechts zeer kort en dit is een opvallende eigenschap van deze zwerm. Terwijl de Perseïden in augustus weken lang te zien zijn, met een maximum-activiteit verspreid over verscheidene dagen, kan men slechts Quadrantiden zien gedurende enkele uren omstreeks 3 of 4 januari.

De bepaling van het tijdstip van het maximum is dan ook van groot belang om te weten wanneer we deze zwerm moeten waarnemen. De Engelse meteoorspecialist Prentice heeft getracht dit maximum uit oude waarnemingen te voorspellen. Daar ieder jaar astronomisch gesproken $365^1/_4$ dagen telt, vallen deze maxima ieder jaar $^1/_4$ dag, dus zes uur later. (Deze vertraging wordt gecompenseerd in een schrikkeljaar, dat 366 dagen telt, door een vooruitschuiven van 18 uur). De voorspel-

ling van Prentice ziet er als volgt uit:
maximum valt op

4 januari 2^h M.E.T. in het jaar 1963, 1967,
4 januari 8^h M.E.T. in het jaar 1964, 1968,
3 januari 14^h M.E.T. in het jaar 1961, 1965, 1969,
3 januari 20^h M.E.T. in het jaar 1962, 1966, 1970, enz.

In het eerste geval ziet men de meteoren midden in de nacht, in het tweede geval in de vroege morgen en in het vierde geval in de vroege avonduren. Wil men veel meteoren zien dan is het nodig, dat de maan niet stoort en men kan dan het aantal Quadrantiden tellen in een bepaald gedeelte van de hemel, dat per uur zichtbaar is. Als men dit enkele uren volhoudt verkrijgt men de frequentiecurve., die een steile piek vertoont wegens de korte duur van de zwerm. Een dergelijke kromme van de Perseïden is veel vlakker. Waarnemingen van de laatste jaren wijzen er op, dat de tijdstippen van Prentice enkele uren moeten worden vervroegd. De baan van de Quadrantiden is zeer merkwaardig. Hun omloopstijd is kort en uit een door de Amerikaanse astronoom Jacchia in 1951 gefotografeerde dubbele meteoor blijkt, dat de baan niet overeenkomt met een bekende kometenbaan. Wel snijdt de baan van de meteoren de baan van de komeet van 1939 a in twee punten, zodat men wel eens heeft gedacht aan de mogelijkheid, dat de meteoorzwerm gevormd zou kunnen zijn door het explosief uitstoten van materie door die komeet. Natuurlijk is dat echter slechts een hypothese.

De Lyriden

In de derde week van april kan men de Lyriden waarnemen. Reeds 2600 jaar geleden werden in China de eerste waarnemingen van deze sterrenregen gedaan. Sedert die tijd zijn ze regelmatig teruggekomen, hoewel niet steeds in even groot aantal. Het is niet zoals tijdens de Perseïden-maxima, dat een waarnemer in een nacht honderden meteoren kan zien. De duur van de hoofdzwerm is veel korter, slechts enkele uren, terwijl die meestal de naam sterrenregen nauwelijks verdient. In de nachten er voor en er na ziet men nog minder Lyriden, zodat het maximum steil is en kort. Een enkele keer is er een rijkere Lyridenregen gezien (bijvoorbeeld in 1863) van veertig meteoren per uur. Uit een onderzoek van Nederlandse waarnemers

is gebleken, dat de Lyriden nooit zwakker zijn dan 3^m, terwijl ze meestal 0^m helder zijn, zodat de gemiddelde helderheid van de Lyriden groot is.

De Orioniden

Een andere merkwaardige meteoorzwerm is de Orionidenregen. Het maximum valt op 21 of 22 oktober. Het aantal Orioniden, dat dan te zien is, kan variëren tussen 10 en 60 per uur. Vaak beweert men, dat deze meteoren dezelfde baan volgen als de beroemde komeet van Halley, die in 1920 voor het laatst zichtbaar was en die in het eind van deze eeuw wordt terug verwacht. Er is echter een merkwaardig verschil tussen deze meteoren en de komeet. Terwijl de komeet eenmaal in de 76 jaar om de zon beweegt, hebben de Orioniden een omlooptijd, die ligt tussen 15 en 30 jaar. Voor ons is het ook speciaal interessant te letten op de radiant, die volgens onderzoekingen van Engelse amateurs bestaat uit vier of vijf subradianten, die zich achter elkaar dagelijks langs de hemel verplaatsen. Hun onderlinge afstand is ongeveer 3°. Ze hebben alle vier ongeveer 15° declinatie en bevinden zich natuurlijk in Orion. Alle radianten, niet alleen de Orioniden zijn op de sterrenkaarten aangegeven.

Een sterrenregen, die verscheen en.... weer verdween

De grootste sterrenregen van de twintigste eeuw is ongetwijfeld de Draconidenregen van 9 oktober. In de vorige eeuw zijn de Leoniden en de Andromediden beroemd geworden; deze sterrenregens waren nog indrukwekkender, maar hun glorie is voorbij en ze zijn zo onbelangrijk geworden, dat we ze in onze lijst niet meer hebben vermeld.

Sinds 1933 zijn de Draconiden goed bekend. Bij het begin van de avond van de negende oktober waren er in West-Europa buitengewoon veel vallende sterren te zien. Het radioprogramma werd plotseling onderbroken om de Nederlandse bevolking op het merkwaardige natuurverschijnsel attent te maken. Spoedig waren er tientallen meteoren per minuut te zien en precies om 21^h (M.E.T.) viel het maximum van de sterrenregen. Het gehele verschijnsel duurde slechts enkele uren. De radiant ligt

in de kop van de Draak. Zij besloeg een vrij groot gebied, zodat de meteoren niet precies uit één punt kwamen. In het algemeen waren ze 2 à 4^m helder, zodat niet de buitengewoon grote helderheid, maar alleen het geweldig grote aantal opviel. Een merkwaardige bijzonderheid was, dat de Draconiden heel vaak in groepjes van 3 tot 5 verschenen.

Uit een berekening van de baan van de zwerm meteoroiden volgde, dat deze zeer weinig verschilde met die van de komeet Giacobini-Zinner. Deze werd in 1900 ontdekt en heeft een omlooptijd van 6,6 jaar om de zon. In 1933 was de komeet de aardbaan 80 dagen voor de 9de oktober gepasseerd en de zwerm meteoroiden volgde haar dus blijkbaar. Het was in ieder geval te verwachten, dat de Draconiden na 13 jaar (bijna twee keer 6,6) zouden terugkeren, dus op 10 oktober 1946. De wereld had zich dan ook terdege voorbereid op deze terugkeer en op vele plaatsen hadden amateurs en vakastronomen uitvoerige waarnemingscampagnes voorbereid. De waargenomen aantallen meteoren waren echter belangrijk minder dan in 1933. Misschien kan dit verklaard worden door de volle maan, die het onmogelijk maakte de zwakkere meteoren te zien, terwijl bovendien ook de radiant veel lager stond bij ons, omdat het maximum in de nanacht viel.

Het feit, dat de Draconiden niet ieder jaar terugkeren, terwijl de Perseïden, de Lyriden en andere zwermen dit wel doen, is eenvoudig te verklaren. Bij de laatste soort zwermen, bevinden de meteoroiden zich verspreid over de hele baan om de zon (zoals de auto's op een autoweg op een mooie zondagmiddag), terwijl de Draconiden een klein stukje van de baan vullen vlak om de komeet heen (een rijtje in file op een verder lege autoweg). Waarschijnlijk verspreiden de meteoroiden zich steeds meer over de kometenbaan, naarmate een zwerm veroudert. De Draconiden zouden dan dus nog een zeer jonge meteoorzwerm zijn, terwijl de Perseïden en de Lyriden veel ouder zijn. Ook het grote aantal drie en meervoudige meteoren wijst in die richting.

In 1946 was de komeet de aarde op 9 oktober 15 dagen voor bij het punt waar de beide banen elkaar ontmoeten. De volgende terugkeer van de Draconiden werd op 9 oktober 1952 verwacht, maar de komeet was de aardbaan toen al zeven maanden eerder gepasseerd. Toch zijn er in Engeland wel

Draconiden waargenomen met radar. Het maximum viel om 16^h30^m. In 1953 zijn de Draconiden echter niet te zien geweest.

De komeet behoort tot de zogenaamde Jupiterfamilie; het verst van de zon verwijderde gedeelte van haar baan (het aphelium) bevindt zich niet ver van de baan van Jupiter. Daardoor kan de komeet en haar gevolg aanzienlijk in hun baan worden gestoord door de planeet Jupiter. Dat is vermoedelijk de oorzaak er van geweest, dat er in 1953 bijna geen Draconiden te zien zijn geweest en voor 1933 lag de baan van de meteorenzwerm zo, dat zij de aarde ook niet ontmoetten. De storingen van Jupiter hebben ons de mooie sterrenregen van 1933 bezorgd en zullen haar ons misschien ook weer ontnemen.

Vuurbollen

Tot de zeer interessante, maar ook zeer zeldzame hemelverschijnselen behoren de vuurbollen. Dit zijn meteoren met een helderheid groter dan -5^m. Zo'n vuurbol trekt de aandacht van bijna iedereen, die zich toevallig buiten bevindt en het verschijnen van zo'n heldere meteoor, vaak even helder als de volle maan, wordt dikwijls in de kranten vermeld, terwijl op de sterrenwachten brieven binnenkomen van enthousiaste waarnemers. Alle zorgvuldig waargenomen banen, getekend op een sterrenkaart, met schattingen van kleur, duur, grootte, helderheid en verdere gegevens, zoals het nalichten van sporen zijn zeer belangrijk. Zulke grote meteoroiden worden bij hun tocht door de atmosfeer meestal omgeven door een lichtgevende wolk, die men coma noemt en ze worden gevolgd door een lange lichtgevende staart (fig. 19). De coma schijnt een diameter te hebben van enkele honderden meters en de staart kan soms wel een paar duizend meter lang zijn. Toch is het meteoorsteentje, dat dit geweldige lichtverschijnsel veroorzaakt, niet groter dan hoogstens tien cm. Tijdens zijn tocht door de atmosfeer vergruist het en splitst zich in talloze brokjes. Ieder deeltje veroorzaakt een meteoor en het gezamenlijk effect is een heldere vuurbol.

Systematisch waarnemen van vuurbollen is onmogelijk. Het is echter belangrijk steeds paraat te zijn om alle gegevens van zeer heldere meteoren op te tekenen en zo mogelijk de lichtsporen, die ze nalaten te fotograferen. De baan dient op een

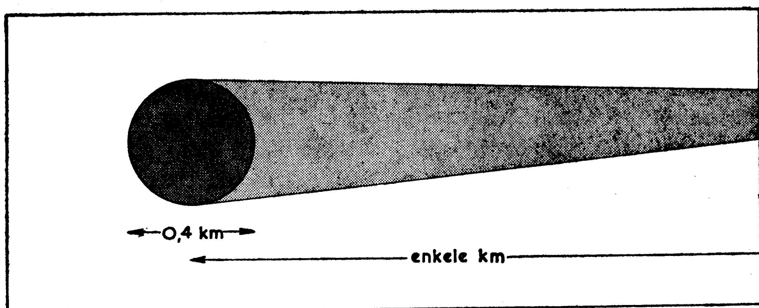


Fig. 19. Een grote vuurbol bestaat uit een enkele honderden meters grote lichtgevende bol, de coma en een kilometers lange staart, die de coma volgt. Men verwarre deze laatste niet met het nalichtend spoor, dat vaak meer dan een seconde langs de gehele baan blijft nagloeien en dan langzaam verwaait. De coma ontstaat door een wolk meteoorsteentjes, die door de hevige botsingen met de lucht grotendeels snel, soms explosief versplinteren.

sterrenkaart te worden getekend. De Werkgroep Meteoren op de Utrechtse Sterrenwacht zal dergelijke gegevens altijd graag ontvangen. Zijn er voldoende nauwkeurige waarnemingen dan is het mogelijk de baan van zo'n vuurbol te bepalen. Het eindpunt is meestal nauwkeuriger bekend dan het beginpunt. Schattingen van de grootte van coma en staart zijn zeer belangrijk. We kunnen ze het beste vergelijken met de schijnbare grootte van de maanschijf. ($^1/_2$°). Eigenlijk hebben we daarover nog veel te weinig nauwkeurige gegevens. Soms is het zelfs mogelijk heldere meteoren overdag te zien, terwijl bij heel heldere vuurbollen de baan zich tot ver boven West-Europa kan uitstrekken.

Wanneer er een vuurbol in de morgen- of avondschemering verschijnt, kan het gebeuren, dat het gruis, dat bij het verbrokkelen van de meteoroide ontstaat op zeer grote hoogte in de atmosfeer (60 tot 100 km) nog door de zon wordt verlicht, terwijl de aarde beneden in het donker ligt. Het door het zonlicht verlichte spoor van stof kan nu soms zeer lang zichtbaar blijven en verandert in enkele minuten sterk van vorm. Daaruit blijkt, dat op die grote hoogten, waar de meteoren oplichten, niet de vredige rust heerst, die men oorspronkelijk in die gebieden, ver boven de wolken in de lagere atmosfeer, die tot ongeveer 10 km reiken, dacht te zullen vinden. Al regent het daar niet, het stormt er wel! Ongekende windsnelheden worden

er soms gevonden en de voortrazende winden drijven de ijle lucht voort. Merkwaardig is het, dat de richting van die stormwinden afhangt van de hoogte. Het kan gebeuren, dat er op 60 km een westerstorm staat, terwijl er op 80 km een hevige luchtbeweging uit het oosten plaatsvindt, dus net tegengesteld. Daardoor verwaait het spoor van zo'n heldere meteoor, dat zich vaak van 90 tot 50 km uitstrekt in volkomen tegengestelde richtingen. Het oorspronkelijk rechte spoor wordt in enkele minuten tot een vreemde slangachtige gekronkelde lijn vervormd en uit nauwkeurige foto's of desnoods tekeningen (om de twee minuten gemaakt bijvoorbeeld) is men in staat de windsnelheden en windrichtingen op die hoogten te vinden. Hier ligt dus ook werk voor de amateur, die het onderzoek van meteoorsporen tot een speciaal doelwit van zijn astronomische activiteit kan maken.

Hoogte en baan van een vallende ster

De amateur, die waarnemingen van meteoren heeft gedaan, zal zich zeker na verloop van tijd afvragen, of het niet mogelijk is zelf eens na te gaan waar die mooie heldere meteoor, die hij op een bepaalde avond zag, toch is terecht gekomen. Op welke hoogte begon hij licht te geven en waar boven Nederland of de Noordzee, België of Duitsland of misschien wel verder weg vloog dat ding? Het is niet zo erg moeilijk om dit zelf na te gaan, maar de baan van een meteoor is alleen te bepalen, als zij tegelijkertijd ook nog door minstens een andere waarnemer op een andere plaats is gezien. Wilt u dus banen van meteoren gaan bepalen, zoek dan een vriend op 50 of 100 km afstand van u wonend en spreek af wanneer men gezamenlijk gaat waarnemen. Het is nodig een bepaald gebied van waarneming te kiezen en contact met elkaar te houden. Kies op een kaart van het gebied van Nederland of België een streek op omstreeks honderd km van beide waarnemers verwijderd en meet de richting, waarin zij moeten kijken. Er wordt waargenomen naar 80 km hoogte. Ook de hoek waaronder de beide waarnemers moeten omhoogkijken is dus te berekenen. Bevinden ze zich bijvoorbeeld in Amsterdam en Utrecht en is als waarnemingspunt de atmosfeer 80 km boven Arnhem gekozen, dan trekt men op een atlas de lijnen Amsterdam-Arnhem en

Utrecht-Arnhem, meet hun lengte en rekent die om in km met de schaal van de atlas. Teken nu een rechthoekige driehoek waarnemer-Arnhem-doelpunt op de juiste schaal en meet met de gradenboog de hoek, waaronder men moet kijken. Tevens meet men op de atlas de juiste azimuth-richting. Azimuth en hoogte van het doelpunt zijn nu bekend. Met onze abaque (fig. 16) zijn ze in uurhoek en declinatie om te zetten. Is er nu afgesproken, dat men van bijvoorbeeld 22^h tot middernacht wil waarnemen, dan wordt de sterrentijd voor 23^h uitgerekend (voor ieder der waarnemers) en dan uit de uurhoek de rechte klimming. Nu weten beide waarnemers precies waar hun doelpunt tussen de sterren moet worden gezocht.

Een der belangrijkste gegevens is nu de tijd waarop de waarnemers een meteoor hebben gezien en wanneer uit hun waarnemingslijsten blijkt dat ze beiden op ongeveer dezelfde tijd een ongeveer even heldere meteoor hebben gezien, dan is het de moeite waard die nader te bekijken, want er is alle kans, dat dit een en dezelfde meteoor is. Het blijft natuurlijk altijd mogelijk, dat op praktisch dezelfde tijd twee verschillende meteoren verschenen, zodat het bewerken van het materiaal dan geen resultaten oplevert. Dit is van tevoren niet altijd te bekijken, zodat de rekenaar hier in ieder geval op moet voorbereid zijn. Steeds worden de door meer dan één waarnemer geziene meteoren, de coincidente dus, van tevoren uitgezocht en deze moeten dan worden bewerkt.

De waarnemers bevinden zich op verschillende plaatsen in België of Nederland en we stellen ze in eerste benadering voor op een plat vlak, dat de aarde raakt in Amersfoort = O en waar de echte waarnemers dus eigenlijk onder zitten (zie W_1 en W_2 in fig. 20).

We kiezen nu in dit vlak door O twee loodrecht op elkaar staande rechte lijnen, een in de richting noord-zuid en een in de richting oost-west. Dit worden onze assen. De posities der waarnemers t.o.v. dit vlak kunnen nu door hun x, y en z worden vastgelegd; de positieve X-as is naar het oosten, de positieve Y-as naar het noorden en de positieve Z-as naar boven gericht. Beneden is hier natuurlijk de richting naar het middelpunt van de aarde. De x en y kunnen voor dit werk uit een atlas worden afgeleid. Trek op een kaart uit de atlas de beide assen door O = Amersfoort en meet de x en y van de waarnemers op. De

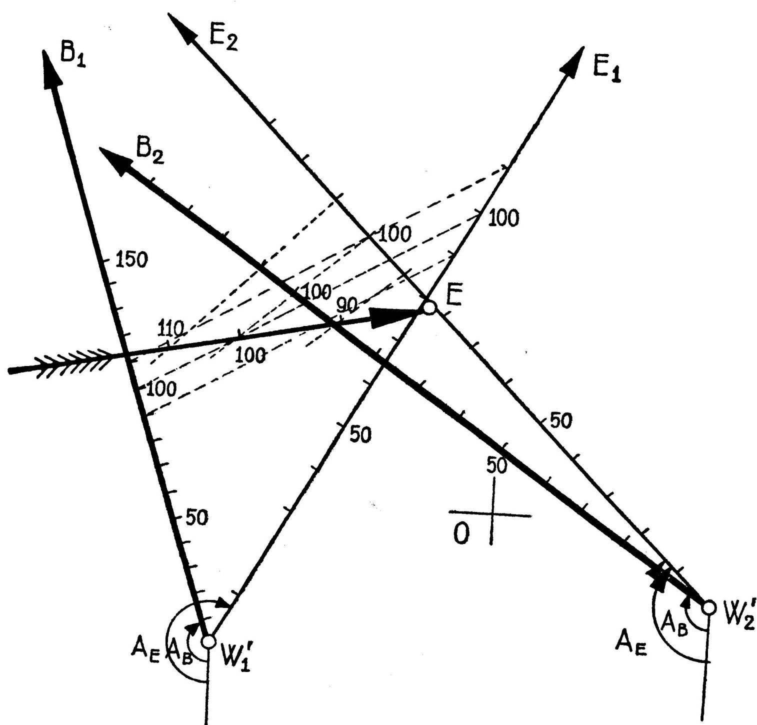


Fig. 20. Twee waarnemers W'_1 en W'_2 zien tegelijkertijd een meteoor. Om de baan van zo'n meteoor te bepalen, meet men eerst de coördinaten van de waarnemers op een atlas t.o.v. een rechthoekig assenstelsel met Amersfoort als oorsprong. Dan trekt men uit W'_1 en W'_2 lijnen in de juiste azimuthrichting, een voor het begin- en een voor het eindpunt van de waargenomen baan. Daarlangs brengt men een hoogteschaal aan en verbindt de overeenkomstige even hoog gelegen punten van beide lijnen van een waarnemer. Zo vindt men punten van de meteoorbaan op die hoogte en dan is de projectie van die baan te tekenen.

z hangt van de x en de y af en wordt berekend met de formule:

$$z = -(x^2 + y^2) : 12750$$

Het is duidelijk, dat de plaats van de waarnemer eerst moet worden berekend, want al naarmate hij zich op een andere plaats bevindt, ziet hij de meteoorbaan tegen een andere sterrenachtergrond van de hemelbol geprojecteerd.

We nemen aan dat de waarnemers de meteoorbanen op geschikte (dus gnomonische) sterkaarten hebben ingetekend en

daar die kaarten zo geconstrueerd zijn, dat een meteoorbaan er door een rechte lijn wordt voorgesteld, is het voldoende er twee punten van te meten, waarvoor we het begin- en het eindpunt kiezen. De rekenaar begint met de α en de δ van een coincidente meteoor op de kaarten van beide waarnemers zo zorgvuldig mogelijk af te lezen.

De tijd, waarop de meteoor verscheen moet bij de waarnemers overeenkomen en loopt zij iets uiteen, dan kiezen we met overleg een gemiddeld tijdstip, waarop de te berekenen meteoor verscheen. Met behulp van de *Sterrengids* rekenen we nu de sterrentijd uit te Amersfoort voor dat tijdstip (Amersfoortse sterrentijd is Greenwichsterrentijd + $21^m.6$).

Het volgende werk is nu het omzetten van α en δ in hoogte h en azimuth A van de begin- en eindpunten van de waargenomen banen. Dit kan weer op de reeds bekende wijze gebeuren (fig. 16).

We nemen nu een flink stuk grafiekenpapier, dat het raakvlak aan de aarde in O moet voorstellen. We beginnen met in het midden O te kiezen en de beide assen te tekenen, waarna we de waarnemingsposten op het papier zetten. We kiezen als schaal 1 mm is 1 km.

In werkelijkheid bevinden de waarnemers zich onder ons vlak, dus de papieren waarnemers onder het papier en wel z km er onder. We noemen de op het papier bepaalde posten (x, y) dan ook niet W, maar W′. Vanuit die punten W′ trekken we lijnen in de richtingen, die door de hoeken A worden bepaald (fig. 20) en wel met zwarte inkt voor het eindpunt en rode voor het beginpunt. Zo'n lijn heet een azimuthlijn van een waarnemer en deze azimuthlijnen zijn de projecties van de verbindingslijnen van E resp. B met de verschillende waarnemers onder het horizontale vlak. Als er tien waarnemers zouden zijn en als ze allemaal foutloos werkten dan gingen alle azimuthlijnen van E in de grafiek precies door een punt E′ en evenzo die van B door B′. E′ en B′ zijn de projecties van E en B op vlak V. Door de waarnemingsfouten zullen er in het algemeen bij meer dan twee waarnemers verschillende snijpunten ontstaan, die verder uiteen liggen bij grotere onnauwkeurigheid.

We gaan nu op de azimuthlijnen schalen aanbrengen. Eerst passen we een stukje z cotg h af op iedere lijn vanuit W′

(fig. 20), indien dat tenminste niet te verwaarlozen is. Daarna passen we een twintigtal keer 10 coth *h* af langs iedere azimuthlijn en schrijven er de passende hoogten bij van de punten waar dit de projecties van zijn. Alle punten, waar dus 100 bij staat, zijn projecties van punten, die in werkelijkheid 100 km hoog liggen boven V (fig. 20).

We denken ons nu een vlak evenwijdig aan V op 100 km hoogte. De snijlijn van dit vlak met het vlak door de beide azimuthlijnen van W_1 ligt precies boven de verbindingslijn van de beide punten 100 op die azimuthlijnen. Doe dit ook bij de andere waarnemer, verbind ook daar de beide punten 100. Die twee 100-100 lijnen gaan door een snijpunt en dat is de projectie van een punt van de meteoorbaan op 100 km hoogte. Zijn er meer dan twee waarnemers dan moet het zwaartepunt van de snijfiguur worden genomen, tenzij er reden is een der waarnemers zwaarder te rekenen. We hebben nu dus een punt P bepaald van de meteoorbaan op 100 km hoogte. Op dezelfde manier bepalen we punten op 90, 80, 70 enz. km hoogte. Het is gewenst zo een tiental punten van de baan (eigenlijk van de projectie van de baan) te zoeken en daar dan een rechte lijn door te trekken. Daarmee is de meteoorbaan bepaald.

We kunnen nu natuurlijk E en B bepalen. In het algemeen zal iedere waarnemer zijn eigen E en B hebben. Dat komt omdat hij bij het tekenen van de baan op een sterrenkaart het potloodstreepje, dat de baan voorstelt allicht even te lang of te kort maakt. Bovendien kunnen bij het beginpunt grote verschillen optreden, omdat de ene waarnemer een meteoor veel eerder opmerkt dan een andere. We bepalen daarom voor iedere waarnemer zijn eigen begin- en eindpunt. Spreiden die slechts weinig, dan kan men ze middelen, lees de x en de y af uit de grafiek en de z langs de schaal die op de baanprojectie van de meteoor is ontstaan.

De meteoorbaan zelf bevindt zich in een vlak door de baanprojectie loodrecht op het vlak van de tekening. Om haar te kunnen tekenen slaan we dit vlak neer in ons tekenvlak en trekken in B en E loodlijnen op de baanprojectie van de juiste lengte. Verbind nu B en E en meet de ware baanlengte L, de hoogte H van de meteoorbaan en haar azimuth A.

Om de hoogte van begin- en eindpunt boven het aardoppervlak te vinden, moeten beide nog met hun z worden vermeer-

derd. Door de x en de y op een atlas af te passen (denk om de schaal daarvan) kunnen we de plaatsen vinden, waar de meteoor opvlamde en waarboven ze uitdoofde.

Hoogte en azimuth van de meteoorbaan zet men om in δ en t met figuur 16 en daarna wordt α uit t berekend met de vroeger reeds bepaalde sterrentijd. De nu gevonden α en δ zijn de coördinaten van de radiant van de meteoor en kunnen op een sterrenkaart worden opgezocht, zodat men dan weet in welk sterrenbeeld de radiant ligt en tot welke zwerm de waargenomen meteoor zou kunnen behoren.

Radianten bepalen

Voor het vinden van de radiant van een aantal waargenomen meteoren, die tot een bepaalde zwerm behoren, is geen assistent-waarnemer nodig in een andere plaats. Dit is een resultaat, dat iedere liefhebber uit zijn eigen waarnemingen kan afleiden, mits het aantal waargenomen banen voldoende groot is. Het is namelijk in dit geval alleen geoorloofd de meteoorbanen, die in dezelfde nacht zijn waargenomen te combineren en niet van verschillende nachten. Het is dus alleen maar nodig te beschikken over een aantal banen, die kennelijk tot een zwerm behoren, omdat ze naar een radiant (bekend of niet) convergeren.

Als de radiant bekend is, dan weet men ook een voorlopige plaats van die radiant, zoals die door vroegere waarnemers is gevonden. In het geval dat men geen gegevens over een radiant heeft, schat men haar positie voorlopig uit eigen waarnemingen. Kies nu een gnomonische sterrenkaart, waar de voorlopige radiant zich ongeveer midden op bevindt. Verleng alle waargenomen banen achterwaarts en breng hun verlengden zo nodig op deze sterrenkaart over. Teken nu om de voorlopige radiant een cirkel met een straal van 5° en tel alle meteoren, waarvan de verlengde baan door de zo bepaalde cirkel gaat, mee als behorende tot de zwerm. Eventueel kan men nog strenger selecteren om de veldmeteoren te elimineren door rekening te houden met bijzondere kenmerken zoals een nalichtend spoor, dat bij alle meteoren van de zwerm al of niet kan voorkomen of met het feit, dat een meteoor, die ver van de radiant oplicht een langere schijnbare baan moet doorlopen dan een, die er vlak bij verschijnt. Verdeel nu de tot de zwerm behorende banen in

groepen van drie en bepaal het radiatiepunt van ieder drietal. Dit is het middelpunt van de ingeschreven cirkel van de driehoek, die door de drie banen wordt bepaald. Het gemiddelde van de zo gevonden radiatiepunten is de radiant; de spreiding der radiatiepunten om de radiant is een maat voor de onnauwkeurigheid en de fout, die in het resultaat aanwezig blijft.

Beschikt men over buitengewoon veel waarnemingen gedurende een gehele nacht uitgevoerd, dan is het mogelijk de positie van de radiant van uur tot uur te bepalen en na te gaan hoe de radiant langzaam van plaats verandert naarmate de radiant hoger stijgt. Dit effect wordt veroorzaakt door de zenithattractie. Een bepaling van de radiant op een aantal op elkaar volgende dagen laat zien, hoe zij zich verplaatst tussen de sterren, in de eerste plaats tengevolge van het feit, dat de aarde zich verplaatst om de zon. Bij de Perseïden is dat verscheidene weken mogelijk.

Wie van meer rekenen houdt en precieser te werk wil gaan kan ook een meer wiskundige methode volgen, waarmee de rechte klimming en de declinatie van de radiant zijn te bepalen.[1] In ieder geval is het voor de meteoorwaarnemer mogelijk zijn eigen waarnemingen zonder veel moeite met succes te bewerken.

Op zoek naar zenders in de dampkring

Het spoor, dat de meteoroide bij haar weg door de dampkring nalaat is zoals men zegt geioniseerd. Dat betekent, dat een deel van de luchtdeeltjes gesplitst is door de hevige botsingen in geladen brokstukken, ionen geheten, terwijl de er van afgeslagen elektronen eveneens geladen zijn. Deze elektrisch geladen deel-

[1] Breng een assenstelsel door de voorlopige radiant. Iedere baan is nu een rechte lijn in dit assenstelsel. Meet het snijpunt met de beide assen x_1 en y_1 van iedere baan en de hoek a met de pos. X-as (de tg a is de richtingscoëfficient!). Bereken 10 tg a en y_1-x_1 tg a voor iedere lijn en zet 10 tg a grafisch uit tegen y_1-x_1 tg a. Deze punten moeten theoretisch op een rechte lijn liggen, maar spreiden door de waarnemingsfouten. Breng er zo goed mogelijk een lijn door en meet haar snijpunt met de Y-as (in de grafiek) en haar richtingscoëfficient. De eerste is y_0, de tweede -x_0. Nu zijn (x_0, y_0) de coördinaten van de radiant in het assenstelsel op de sterrenkaart. (Zie Wetenschapp. Suppl. *Hemel en Dampkring*, nr. 1.)

tjes verstrooien er opvallende radiogolven en dit verschijnsel is in allerlei details bestudeerd. Dit merkwaardige verschijnsel maakt het aan amateurastronomen mogelijk om het verschijnen van meteoren te bestuderen, zelfs als de lucht zwaar bewolkt is.

Men kan de meteoren waarnemen met een gewoon radiotoestel. Het is slechts nodig om af te stemmen op een sterke ultrakortegolfzender (minstens 10 kW) en de zender tegelijk direct te ontvangen met de golf, die door het meteoorspoor wordt verstrooid. Als de gereflecteerde golf samentreft met de directe golf veroorzaakt de toename een fluittoontje. De methode eist geen speciale ontvanginstallatie, maar men moet wel een geschikt geplaatste zender kunnen ontvangen. Het schijnt dat sommigen de meteoor „echo's" het beste ontvangen in de 31 m band, vooral na middernacht, maar ze zijn ook te ontvangen in de 51 en 19 m banden en op andere uren van het etmaal. Fluittoontjes zijn het meest frequent, maar soms worden er nog veel helderder storingen gehoord. Het schijnt dat de beste zône om dit verschijnsel waar te nemen een cirkelvormige strook is om de zender op 10 tot 20 km afstand, waar het directe zendersignaal betrekkelijk zwak is en het gereflecteerde dus gemakkelijker waar te nemen.

Het meeste bezwaar heeft men bij dit soort waarnemingen van de zender zelf. Het zou ideaal zijn, als deze alleen een ongemoduleerde draaggolf uitzond. In werkelijkheid echter gaan de fluittoontjes onder in het lawaai van de muziekinstrumenten, dus muziek is onbruikbaar. Zoek dus een zender, waarop wordt gesproken, dan is de achtergrond vrij gemakkelijk te horen en noteer alle optredende fluitjes.

Het zou interessant zijn om te trachten deze waarnemingen buiten te doen bij heldere hemel en tevens te trachten zo gevonden meteoren visueel te observeren. Pas dan zou het mogelijk zijn iets meer over deze zenders te weten te komen. Nog beter zou het zijn als er een radioamateur met een ultrakortegolfzender bereid zou zijn zelf de draaggolf uit te zenden, zodat hij of eventuele medewerkers van hem ongestoord naar de fluittoontjes konden luisteren om op deze wijze het raadsel van de door de meteoren uitgezonden radiostraling verder te helpen oplossen.

IV. STERREN WAARNEMEN ZONDER KIJKER

De viervoudige ster Algol — Sterverduisteringen waarnemen en voorspellen — Zonder kijker waarneembare Algolsterren — Twee sterren, die elkaar raken — Pulserende sterren, die knipogen — De wonderlijke ster in de Walvis — Zelf afstanden meten van sterren — Verduisteringen van zon en maan — Poollichten.

De viervoudige ster Algol

Hoog aan de winteravondhemel vinden we het sterrenbeeld Perseus, dat niet alleen bekend is door de in augustus optredende meteoorvlaag van de Perseïden, maar ook door de ster Algol (fig. 23, kaart I). Algol is een van de helderste sterren van Perseus en reeds eeuwen geleden hebben de Arabieren de naam „duivelster" bedacht voor dit merkwaardige hemellicht. Die duivelster had hun bijzondere aandacht getrokken, omdat zij merkten, dat de ster op een raadselachtige wijze van helderheid veranderde. Gewoonlijk is zij iets zwakker dan 2^m, maar er zijn tijden, waarop ze gedurende enkele uren veel zwakker lijkt, zodat men haar niet helderder dan $3^m.5$ zou taxeren.

Nadat de ontdekking van de Arabieren reeds lang was vergeten, werd de merkwaardige veranderlijke ster in 1783 door de achttienjarige Engelse amateur John Goodricke opnieuw ontdekt. Hij stelde vast, dat de verandering van de helderheid zich iedere keer om de 2 dagen en $20^3/_4$ uur herhaalde en dat de helderheidsverandering ongeveer 8 uur duurde. Hij bedacht er ook een verklaring voor, die we nog steeds als de juiste aanvaarden: Algol heeft een donkere begeleider, die de heldere ster regelmatig verduistert. We kunnen zeggen, dat de donkere ster in 69 uur een baan om de heldere beschrijft. Juister is het echter om te beweren, dat beide hemellichamen een baan beschrijven om hun gemeenschappelijk zwaartepunt in die tijd. Alleen als één van beide lichamen een veel grotere massa heeft dan de andere, zoals bijvoorbeeld bij de aarde en de zon het geval is, dan kan men bij benadering aannemen, dat het zwaartepunt tamelijk dicht bij het middelpunt van het zwaarste lichaam ligt en dat praktisch alleen het kleinste een baan om

het grootste beschrijft. Bij de beide sterren is de verhouding der massa's lang niet zo groot. Het vlak, waarin ze zich bewegen is zo gelegen, dat we vanuit de aarde iedere 69 uur de donkere ster voor de heldere zien staan, zodat haar licht dan wordt tegengehouden. We moeten ons echter de donkere ster niet als een planeet voorstellen, die helemaal geen licht geeft. Zij geeft alleen veel minder licht dan haar begeleider. Wanneer die op haar beurt de minder licht gevende ster bedekt, treedt er ook een lichtvermindering op, maar deze is zo klein, dat ze nauwelijks zonder instrumenten is te constateren.

Het is onmogelijk om de twee sterren afzonderlijk te zien. Zelfs in de grootste kijker blijft het één lichtpuntje. Dat komt door de zeer grote afstand van het stelsel (96 lichtjaar!). Desondanks is het iedereen mogelijk zonder instrumenten de dupliciteit van deze merkwaardige ster vast te stellen en we kunnen direct zien hoe het licht van een ster door een begeleider wordt verduisterd.

Sinds de ontdekking van Algol heeft men de periode tussen twee minima zeer nauwkeurig trachten te bepalen. Het tijdstip van een minimum kan iedere amateur ook op tien minuten nauwkeurig vaststellen. Als we dat gedurende enkele jaren af en toe doen, komt er iets zeer merkwaardigs tevoorschijn. Reeds in het midden van de negentiende eeuw ontdekte de Duitse astronoom Argelander, dat de periode van Algol veranderde. Oorspronkelijk had men voor de tijdsduur tussen twee minima een periode van 2.867 310 77 dagen bepaald. Maar zo'n nauwkeurige bepaling bleek niet erg zinvol, want de periode is niet constant. Voor 1805 was de periode iets korter, van 1805—1878 langer en vanaf 1878 korter. Wanneer een bepaald minimum zeer nauwkeurig is waargenomen (dit wordt T_0 genoemd), dan kan men de volgende minima berekenen, door er een aantal keren 2.867 310 77 bij op te tellen.[1] Dan blijkt dat de afwijkingen tussen de waargenomen en de vooruitberekende tijdstippen in de loop van de jaren enkele uren kunnen bedragen. Er blijkt een periodiciteit in de afwijkingen te zijn (fig. 21) van 188 jaar. Dit wijst er op, dat er een derde ster in het spel is, die in 188 jaar een baan beschrijft om het gemeenschappelijk zwaartepunt van het gehele stelsel, dat dus nu blijkbaar al uit drie sterren bestaat. De derde staat echter

[1] Dus $T = T_0 + 2.867\,310\,77\ E$, waarin E het aantal periodes is, sinds T_0.

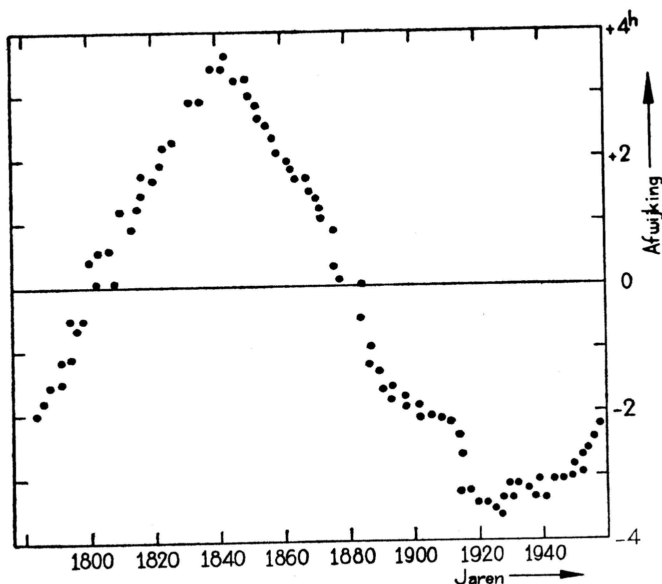


Fig. 21. De afwijking van de minima van de veranderlijke ster Algol van de van tevoren voorspelde tijdstippen vertoont een merkwaardige periodiciteit veroorzaakt door een derde storende ster.

verder weg en heeft alleen een storende invloed op de beide dicht op elkaar staande componenten.

Het aardige is, dat Mac Laughlin op een volkomen andere wijze heeft ontdekt, dat het stelsel nog een vierde component moet bevatten, die in bijna twee jaar haar omloop volbrengt. Die ster heeft haar bestaan verraden in het spectrum van het systeem. Het lichtpuntje, dat wij Algol noemen is dus viervoudig en dat is wel interessant, maar op zichzelf niets bijzonders, want er zijn aan de hemel enorm veel dubbele en ook heel wat drie- en meervoudige sterren. Natuurlijk zijn dat niet allemaal sterren, die van helderheid veranderen, want dat gebeurt alleen als de baan, die ze beschrijven zo ligt, dat we vanuit de aarde eclipsen kunnen waarnemen. Zelfs zijn het niet eens allemaal echte dubbelsterren, want in veel gevallen zijn het optische dubbelsterren — zo genoemd, omdat het dubbele karakter van zo'n ster optisch bedrog is. In werkelijkheid staan de beide componenten van zo'n ster zeer ver van elkaar, maar

toevallig zien we ze vanuit de aarde bijna in dezelfde richting. De ene ster is echter veel verder weg dan de andere en ze horen niet bij elkaar, in tegenstelling met een fysische dubbelster, die bestaat uit sterren, die een baan beschrijven om een gemeenschappelijk zwaartepunt in enkele dagen, maanden of vaak vele jaren, maar die dus echt bij elkaar horen. Tot dit soort behoort Algol dus ook, maar het systeem is zo ver weg, dat we alleen aan de geregeld optredende verduisteringen de dupliciteit van het stelsel kunnen ontdekken.

Zonder kijker zijn er ook enkele dubbelsterren te zien, afhankelijk van de sterkte van ons oog. Voorbeelden zijn:

naam ster	*sterrenbeeld*	*kaart*	*afstand*
ξ/80	Grote Beer	II	707″
σ	Stier	I	429
γ/6	Kleine Paard	III	366
15/17	Jachthonden	II	288
α	Weegschaal	VIII	231
ε	Lier	II	207
β	Steenbok	III	205
56	Andromeda	I	183

Op onze sterrenkaarten zijn dubbelsterren aangegeven door een streepje naast de ster, zoals algemeen gebruikelijk. Meestal zal een normaal oog sterren nog dubbel kunnen zien, als hun afstand omstreeks 300″ bedraagt, maar alleen in gunstige gevallen. Niet allemaal zijn ze even goed te zien, want ook het helderheidsverschil tussen de beide componenten speelt een rol bij de zichtbaarheid. Neemt u zelf vooral de proef eens met het bovenstaande lijstje. Natuurlijk moet een goede prismakijker ze allemaal splitsen. Met een kijker zijn er dan ook enorm veel meer dubbelsterren te zien.

Dubbelsterren zijn zeer belangrijke en waardevolle bronnen van inlichtingen voor de astronoom, terwijl de bedekkingsveranderlijken zoals de sterren van het soort van Algol worden genoemd, tot de belangrijkste klasse behoren. Men moet het veranderen van de helderheid zeer nauwkeurig waarnemen tijdens de eclipsen. Een figuur, die de helderheidsverandering laat zien, wordt een lichtkromme genoemd (fig. 22). Uit zo'n

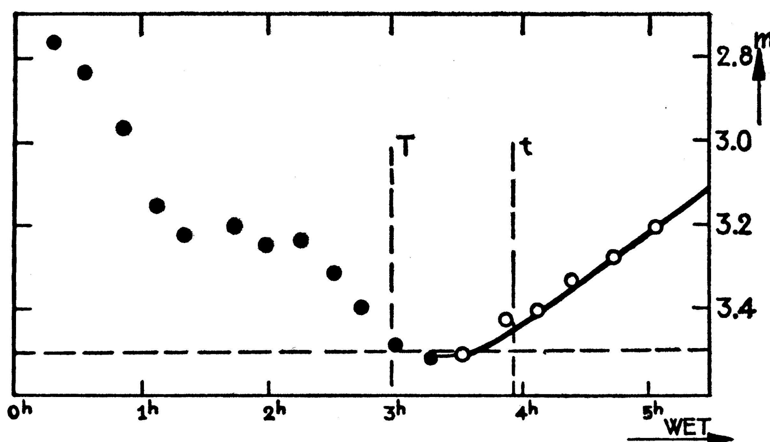


Fig. 22. Een lichtkromme van een bedekkingsveranderlijke (hier Algol) laat zien hoe de helderheid (m) afneemt en toeneemt met de tijd. Hieruit is het juiste minimum precies te bepalen.

lichtkromme kan men allerlei gegevens over de sterren afleiden, zoals hun stralen, de straal van de banen, die ze doorlopen, hun helderheid, de ligging van die banen, de vorm van de sterren (bollen of eivormige lichamen bijvoorbeeld) en zelfs hoe of de helderheid over zo'n sterschijfje bij elk van die sterren verloopt, dat we toch alleen maar als een klein lichtpuntje waarnemen. Vooral het werk van Kopal in Amerika, die met behulp van rekenmachines deze onderzoekingen buitengewoon specialiseerde en zijn methodes de laatste tijd zeer heeft verfijnd, is het verste doorgedrongen op dit gebied.

Van de sterren van het systeem Algol weet men nog niet alles af. Uit het spectrum en uit de lichtkromme heeft men echter zo goed mogelijk afgeleid, dat de totale massa van het stelsel 11 keer zo groot is als de massa van onze zon. Het ziet er dan als volgt uit (volgens Eggen):

ster	*omloopstijd*	*afstand tot zwaartepunt*	*massa in zonsmassas*	*diameter in zonsdiameters*
A	2.867 dagen	1.700.000 km	5	3.6
B	2.867 dagen	8.800.000 km	1	3.2
C	688 dagen		1.2	
D	188 jaar		3.8	

De manier, waarop u te werk moet gaan om Algol waar te nemen, is dezelfde als die vroeger reeds bij Mars is beschreven (blz. 54). Het kaartje in figuur 23 vertoont de nodige vergelijkingssterren met de helderheden er bij geschreven in honderdsten van magnitude. U zoekt twee vergelijkingssterren uit, een helderder en een iets zwakker dan de veranderlijke ster, v, en u schat de helderheid van v tussen die twee sterren in. Later kunt u dan direct uw waarneming in magnitude omrekenen. Een correctie is hierbij niet nodig, want alle sterren zullen wel ongeveer even hoog staan, dus even veel verzwakt worden. Natuurlijk moet u geen waarnemingen doen, als Algol erg laag staat of bij niet volkomen heldere hemel. Om het kwartier moet u een waarneming uitvoeren op een avond, waarop een minimum is te verwachten en daarmee kunt u ongeveer 2 à 3 uur voor het minimum beginnen. Als u een werkelijk interessante waarneming wilt doen, moet u daarmee 2 à 3 uur na het minimum minstens mee voortgaan. Daarna zet u de resultaten om in magnitude en nu kunt u op een vel grafiekenpapier een schetsje maken van de waargenomen lichtkromme (fig. 22) en daaruit kunt u eventueel het tijdstip van het minimum precies afleiden.

U tekent op transparantpapier de waargenomen punten van de dalende tak van de kromme (zwarte punten) over en tekent verder een horizontale lijn bij m = 3.5 en een vertikale bij een of andere tijd in de buurt van het minimum (noem die T). Daarna gaat u het velletje transparantpapier omkeren, zodat u de achterkant voor u krijgt en legt die weer op de figuur zo, dat de horizontale stippellijn bij m = 3.5 op zijn plaats valt en dan schuift u het blaadje naar rechts op (of naar links), totdat de zwarte punten van de waarnemingen van de dalende tak zo goed mogelijk vallen tussen de witte punten van de stijgende tak. Dan leest u het tijdstip t af, waar zich nu de lijn T bevindt. Dat is dan 3^h56^m en het minimum ligt precies tussen T en t in om 3^h28^m.

Het tijdstip van zo'n minimum wordt meestal niet als een gewone datum opgegeven, want dan wordt het vooruitberekenen lastig. Men rekent in dit geval liever met Juliaanse dagen, een dagnummering, die onafhankelijk is van maanden en jaren.

Zij is ingesteld in de astronomie door Scaliger in 1582, die hem heeft genoemd naar zijn vader Julius Scaliger. Zij begint bij 1 januari 4713 v. Chr. om 12 uur 's middags. Dit laatste is om het verspringen van de datum in de nacht tegen te gaan. De nu volgende tabel stelt u in staat de Juliaanse datum van iedere dag te bepalen.

I		II			III			
				s				
1956	2435 472.5	jan.	0	0	0^h	0.000	12^h	0.500
1957	2435 838.5	febr.	31	31	1	0.042	13	0.542
1958	2436 203.5	maart	59	60	2	0.083	14	0.583
1959	2436 568.5	april	90	91	3	0.125	15	0.625
1960	2436 933.5	mei	120	121	4	0.167	16	0.667
1961	2437 299.5	juni	151	152	5	0.208	17	0.708
1962	2437 664.5	juli	181	182	6	0.250	18	0.750
1963	2438 029.5	aug.	212	213	7	0.292	19	0.792
1964	2438 394.5	sept.	243	244	8	0.333	20	0.833
1965	2438 760.5	okt.	273	274	9	0.375	21	0.875
1966	2439 125.5	nov.	304	305	10	0.417	22	0.917
1967	2439 490.5	dec.	334	335	11	0.458	23	0.958

IV					
1^m	0.000	4^m	0.002	7^m	0.005
2	0.001	5	0.003	8	0.006
3	0.001	6	0.004	9	0.006
				10	0.007

Het in figuur 23 voorgestelde minimum valt bijvoorbeeld op 6 november 1956 om 3^h28^m. We rekenen nu als volgt:

Juliaanse datum	1956	2435 472.5	uit tabel I,
	november	305	uit tabel II s = schrikkeljaar,
datum:	6	6	
uren	3	0.125	uit tabel III,
minuten	28	0.022	uit tabel IV.
	samen	2435 783.647	

Het zal u niet moeilijk vallen om hieruit verdere minima te voorspellen. De *Sterrengids* vermeldt ze helaas niet en ook in de Nederlandse populair-astronomische tijdschriften komen ze

niet voor. Het volgende minimum is zeer recent en bruikbaar (de Juliaanse datum zoudt u eens kunnen narekenen!): 2 januari 1960 19^h10^m W.E.T., dat is J.D. 2436 936.299. (In ons land geldt momenteel de M.E.T., die u krijgt door de W.E.T. met 1 uur te vermeerderen.)

Is het nu januari 1961 bijvoorbeeld en u wilt minima van Algol gaan voorspellen, dan kunt u op de volgende manier te werk gaan: Het is nu ongeveer een jaar na het boven genoemde minimum, dus 366 dagen. Deelt u 366 door de periode van Algol (2^d.867 310 77) dan vindt u, dat het bijna 128 keer gaat. Nu zijn 128 periodes precies 128 × 2.867 310 77 = 367.016 dagen. Dus een minimum in januari 1961 valt op J.D. 3436936.299 + 367.016 = 3437 303.315. Dit rekenen we als volgt terug:

Er af voor 1961:		3437 299.5,	
Er kan hoogstens af:	over:		3.815 dus de datum is 3 jan.
	19 uur =		0.792 (uit tabel III),
	over:		0.023 dat is 34^m.

U voorspelt dus dat minimum op 3 januari 1961 om 19^h34^m W.E.T., dat is 20^h34^m M.E.T.

Neem nu een strook millimeterpapier, die we A noemen; teken daarop een rechte lijn en verdeel die in zoveel mogelijk dagen; iedere dag 24 mm kiezen (dus 1 mm is 1 uur). Nummer de dagen vanaf 3 januari. Op een andere strook van dezelfde lengte zet u een aantal streepjes, steeds op onderling dezelfde afstand van 68.8 mm. Bij 3 januari 20^h34^m zet u een streepje op strook A en legt daarna de tweede strook, B, naast A zodat het eerste streepje op B bij 3 januari 20^h34^m van A valt. Zet nu dwarsstreepjes op A bij ieder punt, waar een streepje van B uitkomt; dit zijn nu de tijdstippen van de minima van Algol, die om de 69 uur optreden. De tijden kan men nu voldoende nauwkeurig aflezen voor een aantal achtereenvolgende dagen en dan selecteert u alleen de minima, die gedurende onze nacht vallen en dus waarneembaar kunnen zijn.

Zonder kijker waarneembare Algol-sterren

Het is voor een amateur niet mogelijk om waarnemingen te doen van Algol, die even nauwkeurig zijn als de foto-elektrische van sommige astronomen. Hij kan echter toch interessant en

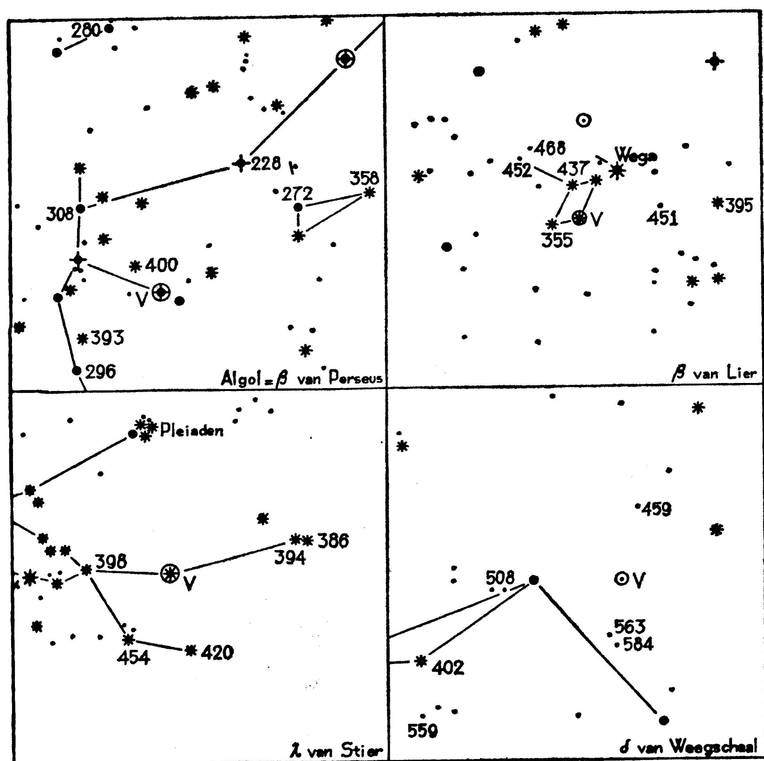


Fig. 23. De vier in onze streken zonder kijker waarneembare bedekkingsveranderlijken temidden van hun omgevingssterren. Enkele geschikte vergelijkingssterren zijn aangegeven in honderdsten magnitudes zonder decimaalteken.

zelfs waardevol werk doen, want er zijn naast Algol een aantal andere bedekkingsveranderlijken en het is van veel belang, dat die regelmatig worden waargenomen.

De tijdstippen, waarop minima optreden bij deze sterren worden niet voorspeld, zelfs niet in de meeste buitenlandse populaire tijdschriften. Deze moet u dus zelf voorspellen op dezelfde wijze als we zoëven voor Algol hebben beschreven en dit maakt dit werk juist erg aantrekkelijk. Op onze sterrenkaarten zijn alle veranderlijke sterren door een cirkeltje om de ster aangegeven. De zonder kijker waarneembare bedekkingsveranderlijken zijn:

ster	^{m}max	^{m}min	duur min	periode	T_o
β van Perseus	2.2	3.5	10^h	2.867311	2436 936.2986 W.E.T.
λ van de Stier	3.8	4.1	10½	3.952917	2436 935.190
δ van de Weegschaal	4.8	5.9	13	2.327347	2436 935.138
β van de Lier	3.4	4.5		12.907619	2436 942.509

Van ieder van de vier hierboven genoemde sterren, vindt u in figuur 23 een kaartje met de directe omgeving en met de helderheden van een aantal geschikte vergelijkingssterren. De laatste ster moet iedere avond worden waargenomen en niet alleen tijdens een minimum.

Twee sterren, die elkaar raken

De laatste ster van het lijstje verdient een bijzondere vermelding. Tussen twee hoofdminima is namelijk in dit geval ook het tweede minimum zichtbaar, weliswaar minder diep, maar toch duidelijk waarneembaar, omdat de ster van $3^m.4$ tot $3^m.9$ verzwakt. Hoewel β van de Lier reeds sinds 1784 als veranderlijke ster bekend staat en hoewel in de laatste decennia op vele sterrenwachten uitgebreide onderzoekingen gedaan zijn over dit stelsel, vooral van het spectrum er van, is de juiste bouw van het systeem nog vrij raadselachtig.

Het spectrum van een ster ontstaat in principe doordat het sterlicht door middel van een prisma of een rooster ontleed wordt in zijn oorspronkelijke kleuren, zoals het zonlicht door regendruppels gesplitst wordt en een regenboog oplevert. In het spectrum van β van de Lier vindt men een aantal donkere lijnen, die ontstaan, doordat waterstof en heliumatomen zeer bepaalde lichtsoorten tegenhouden, zodat deze in het sterlicht ontbreken. Men kan in een laboratorium op bijna precies dezelfde plaatsen in een kunstmatig vervaardigd spectrum donkere lijnen doen ontstaan en weet dan precies door welke chemische elementen en onder welke omstandigheden die donkere lijnen in het sterspectrum tot stand komen. Neemt men naast het spectrum van de ster tegelijkertijd een vergelijkingsspectrum op van een lichtbron op aarde, dan blijkt dat de donkere lijnen van de atomen op de ster meestal niet precies

op hun plaats staan, maar allemaal iets verschoven zijn naar de rode of naar de violette kant van het spectrum. Die verschuivingen worden veroorzaakt door een beweging van de lichtbron, die het spectrum uitzendt; in dit geval dus de ster. Hoe sneller zij zich van de aarde verwijdert, hoe verder de lijnen verschuiven naar het rood; een nadering daarentegen veroorzaakt een verschuiving naar het violet. Als de ster dus voorzien is van een begeleider, zoals bij een dubbelster en beide bewegen om een gemeenschappelijk zwaartepunt, dan zijn beide sterren voortdurend in wisselende beweging: nu eens nadert de ene component ons, dan weer verwijdert zij zich van ons, al naar de stand, die zij in haar baan inneemt. Bij β van de Lier nemen wij slechts het spectrum van een der beide sterren waar en de spectraallijnen schommelen met een periode van bijna 13 dagen heen en weer, juist in overeenstemming met de uit de lichtkromme afgeleide omloopstijd. Het spectrum blijkt afkomstig te zijn van de helderste ster van het stelsel, die bij de hoofdeclips wordt verduisterd. Over het spectrum heen vertoont zich echter permanent nog een tweede van een ander soort, maar zonder veranderingen in de posities der lijnen. Dit kan dus niet het spectrum van de tweede ster zijn, want die beweegt natuurlijk ook om het zwaartepunt, tenzij haar massa buitengewoon groot zou zijn, zoals bijvoorbeeld bij het stelsel aarde zon, waar we kunnen zeggen, dat de aarde alleen maar beweegt om de zon met haar zoveel grotere massa. Het overliggende spectrum vertoont echter zoveel merkwaardige eigenschappen, die niet bepaald wijzen op een sterspectrum (zoals bijvoorbeeld heldere in plaats van donkere lijnen; men spreekt dan van emissielijnen!), dat men later heeft ontdekt dat het inderdaad niet afkomstig is van de tweede ster, maar van een expanderende gasmassa, die zich ergens tussen de heldere ster en de waarnemer bevindt. We zien dus slechts het spectrum van de heldere component en alles wat we weten van de tweede ster is uit de lichtkromme afgeleid. De gasmassa om de sterren blijkt in hevige beweging te zijn en stroomt om de beide componenten heen, die zo dicht bijeen staan, dat ze elkaar bijna raken (fig. 24). Daarna stroomt de gasmassa uiteen en volgens de resultaten van Kuiper schijnt ze in een steeds wijder wordende spiraal, die bijna even groot is als ons eigen zonnestelsel, uiteen te vloeien. Daar er in de gasmassa delen zijn, die ons naderen,

maar tevens andere gebieden, die zich van ons verwijderen in iedere stand van het stelsel, vertonen de spectraallijnen van de gasmassa geen sporen van beweging, maar alleen van turbulentie. Zelfs in de grootste kijkers is die gasmassa niet om de ster

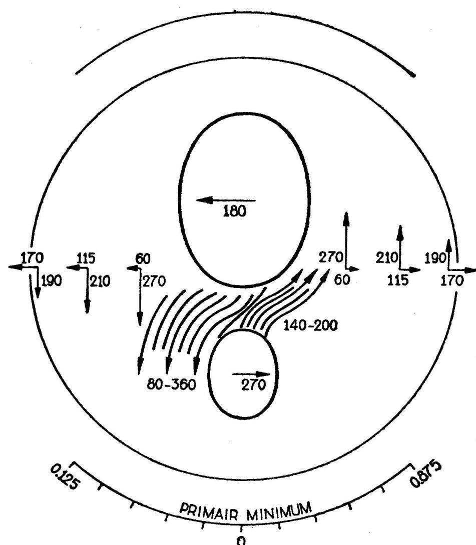


Fig. 24. Het stelsel β van de Lier bestaat uit twee sterren, die zo dicht bij elkaar staan, dat ze onder invloed van hun wederzijdse aantrekkingskracht een ellipsoidale vorm hebben, terwijl er voortdurend gasvormige materie uit de ene ster stroomt om het stelsel heen en in buitenwaartse richting.

heen te zien, want het systeem bevindt zich op een afstand van niet minder dan ongeveer 1600 lichtjaren. Dat betekent dus, dat het licht, dat met de reusachtige snelheid van 300 000 km/sec reist, 1600 jaar (!) onderweg is van die ster naar de aarde. Bedenken we dat er in een jaar 31 560 000 seconden zijn, dan kunt u zelf narekenen, dat het stelsel van β van de Lier dus 15 000 000 000 000 000 km (dat is 15 duizend biljoen) van ons verwijderd is.

De hoeveelheid materie, die de heldere ster op deze wijze verliest, is echter buitengewoon gering en het proces kan op dezelfde wijze miljoenen jaren doorgaan. Toch schijnt de lichtkromme van de ster langzaam te veranderen, omdat er massa van de heldere naar de zwakkere component vloeit. Zekerheid

heeft men hierover nog niet en een verdere studie van de lichtkromme blijft voorlopig zeer waardevol.

Pulserende sterren, die knipogen

Behalve sterren, die elkaar periodiek bedekken, zijn er nog een groot aantal andere veranderlijke sterren. Een juiste indeling van alle soorten veranderlijken, die men kent, is niet zo eenvoudig te maken. Het beste is deze merkwaardige sterren te verdelen in drie hoofdgroepen:

A. de optisch veranderlijken;
B. de permanent fysisch veranderlijken en
C. de tijdelijk veranderlijke sterren.

De eerste soort bestaat eigenlijk alleen uit de bedekkingsveranderlijken, maar het kan mogelijk zijn, dat er ook sterren bestaan, waarvan de verandering van de helderheid veroorzaakt wordt doordat stofmassa's langs die sterren heentrekken en hun schijnsel af en toe gedeeltelijk verduisteren, zoals zandstormen of stofwolken op aarde het schijnsel van de zon kunnen afschermen. De tweede soort verdeelt men in vijf groepen:

1. de half- en onregelmatig veranderlijke sterren,
2. de sterren van het type Mira van de Walvis,
3. de sterren van het type R.V. van de Stier,
4. Cepheiden met lange periodes,
5. Cepheiden met korte periodes.

De derde soort bestaat uit vier klassen, namelijk:

1. de supernovae,
2. de echte novae of nieuwe sterren,
3. de recurrente novae en
4. de op novea gelijkende sterren.

Deze opsomming laat ons zien, dat er heel wat soorten veranderlijke sterren zijn en dat we ook zonder kijker ons niet behoeven te beperken tot de vier waarneembare heldere Algolsterren. Vooral de tweede soort bevat een aantal interessante objecten.

De Cepheiden zijn genoemd naar de ster δ van Cepheus, een veranderlijke ster met een periode van 5.37 dagen. Het helderheidsverloop van deze ster is geheel anders dan dat van een Algolster. Er treedt niet op een bepaald tijdstip een helderheidsvermindering op, maar de helderheid verandert voortdu-

rend. Toch is die variatie buitengewoon regelmatig, want na een vaste periode gaat die helderheidsverandering zich weer op precies dezelfde wijze herhalen. Het is daarom mogelijk een lichtkromme te tekenen voor een periode en deze herhaalt zich voortdurend. Van dit soort sterren zijn er een aantal te zien en om hun lichtwisseling waar te nemen, behoeft men slechts eenmaal per avond een schatting van hun helderheid uit te voeren en deze in magnitude om te rekenen om een lichtkromme te kunnen vervaardigen. Vooral als het bijvoorbeeld een aantal dagen achter elkaar helder weer is, wat hier in onze streken niet zo vaak voorkomt, kunt u achter elkaar een aantal keren een waarneming doen en dan lukt het beslist om een lichtkromme te vinden en daaruit de periode te bepalen.

De in België en Nederland zonder kijkers waarneembare Cepheïden zijn:

ster	periode	^{m}max	^{m}min
ζ Tweelingen	c.a. 10 dagen	3.7	4.1
X Schutter	c.a. 7 dagen	4.8	5.9
W Schutter	c.a. 7 dagen	4.7	6.1
Y Schutter	c.a. 6 dagen	5.7	6.8
η Arend	c.a. 7 dagen	3.7	4.4
T Vos	c.a. 4 dagen	5.4	6.3
δ Cepheus	c.a. 5 dagen	3.7	4.4

De drie sterren in de Schutter staan tamelijk laag en zijn alleen in de nazomeravonden bij zeer helder weer en vrij uitzicht waarneembaar. In figuur 25 vindt u omgevingskaartjes van de overige vier sterren, die beter geschikt zijn voor regelmatige waarnemingen.

De Cepheïden zijn zorgvuldig bestudeerd, beter dan de meeste andere veranderlijke sterren en er is meer over hen bekend. Het spectrum lijkt verbazend veel op dat van een bedekkingsveranderlijke. Ook hier neemt men meestal een verplaatsing van de posities der spectraallijnen waar met eenzelfde periode als de lichtwisseling. De vorm van de lichtcurve wijst er echter op, dat de variatie niet veroorzaakt kan worden door eclipsen, omdat het toenemen van de helderheid meestal veel sneller gaat dan het afnemen (de stijgende tak van de kromme lijn is veel steiler dan de dalende), terwijl bij een verduistering

de beweging van de ster, die de eclips veroorzaakt meestal niet bij het intreden van de verduistering veel langzamer zal zijn dan bij het einde er van. De positieveranderingen van de spec-

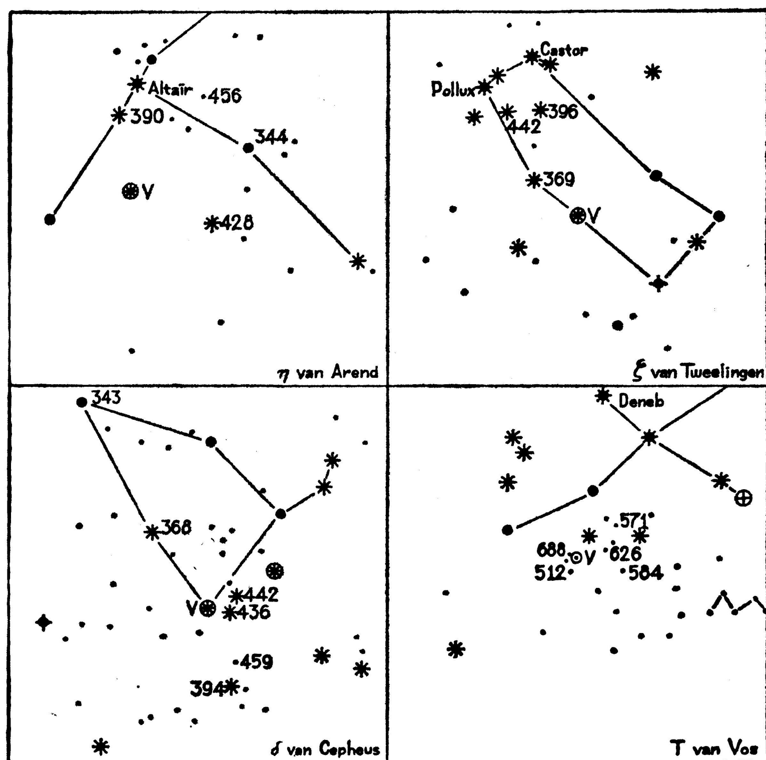


Fig. 25. De vier in onze streken het best waarneembare Cepheïden zijn op deze kaartjes weergegeven met de sterren er omheen, waarvan enkele bruikbaar zijn voor helderheidsschattingen (hiervan is de helderheid in honderdste *m* vermeld zonder decimaalteken).

traallijnen wijzen echter wel op een beweging van de gasmassa's, die het licht uitzenden.

Een bevredigende verklaring voor al deze schijnbaar tegenstrijdige verschijnselen wordt gegeven door de pulsatietheorie, die door Shapley is ontworpen en door Eddington wiskundig is uitgewerkt.

Een gewone ster, zoals bijvoorbeeld onze zon er een is, is in stralingsevenwicht. Dat betekent, dat de hete gasmassa's, waaruit zo'n ster is opgebouwd niet door hun gewicht naar het midden van de ster naar beneden zakken. Zij worden als het ware gedragen door de opstijgende energie, die omhoog komt uit het binnenste van de ster en die daar wordt geproduceerd uit atoomkernen. Ieder gasdeeltje gedraagt zich als het ware als een vlieger, die rustig in de lucht zweeft, gedragen door de opstijgende luchtstromingen. Het in zo'n ster heersende evenwicht kan echter worden verbroken. Zoals een plotseling optredende windstoot de vlieger van ons voorbeeld omhoog doet springen, waarna zij weer door zijn gewicht terugvalt naar beneden en daarna misschien dansende bewegingen gaat uitvoeren, zo kan ook in een ster een optredende storing het begin zijn van een verstoring van het evenwicht, waardoor de gasmassa's naar beneden zinken, daarna weer omhoog worden geblazen door de stralingsdruk naar koelere hogere lagen, waarna ze door hun gewicht weer naar beneden zinken. Er begint een pulsatie op te treden en wanneer de ster eenmaal net als een menselijk hart is gaan kloppen, dan kan die pulsatie een zeer lange tijd blijven bestaan. Het op een neer gaan van de gasmassa's in de ster veroorzaakt natuurlijk ook een verschuiven van de spectraallijnen, want bij het opstijgen naderen de gassen van de voorkant van de ster ons (en de achterkant kunnen we niet zien), zodat er een violetverschuiving ontstaat, terwijl ze zich bij het dalen van ons verwijderen (roodverschuiving). De gezwollen ster is groot en zendt meer licht uit, dan dezelfde ster in een kleinere gekrompen toestand. De helderheid varieert dus in dezelfde periode als de spectraallijnen. Een Cepheïde is dus geen dubbelster, maar een pulserende ster. Veranderingen in de temperatuur van de ster maken het verschijnsel in werkelijkheid gecompliceerder.

De wonderlijke ster in de Walvis

De ster o van de Walvis wordt ook wel Mira genoemd. Dat betekent de wonderlijke ster. Zij is de eerste geweest van een groep zeer merkwaardige sterren, die naar haar de Mira-sterren of langperiodieke veranderlijken worden genoemd. Reeds in de Oudheid was Mira bekend als een vreemde ster en in 1596

werd zij opnieuw ontdekt door Fabricius, die haar opmerkte aan de zuidelijke hemel in het sterrenbeeld de Walvis. Dit was inderdaad iets merkwaardigs, want Mira zal moeilijk te vinden zijn in de meeste gevallen, want meestal is ze in het geheel niet te zien. De ster varieert namelijk van de derde tot de tiende magnitude met een periode van ongeveer 330 dagen, zodat ze alleen tijdens haar maximum, een klein deel van het jaar, voor een waarnemer zonder kijker zichtbaar is. Tijdens het maximum straalt ze heel wat meer licht uit, dan tijdens het minimum.

Ook hier hebben we hoogstwaarschijnlijk met een pulserende ster te maken, terwijl — net zoals trouwens bij de Cepheïden — ook hier de temperatuur van het steroppervlak varieert en er bovendien nog bij het minimum lichtabsorptie optreedt. Men stelt zich wel eens voor, dat er zich periodiek nevelsluiers (zoals mist in onze dampkring) vormen in de steratmosfeer. Die nevelsluiers bestaan uit vaste of vloeibare deeltjes en die schermen de uit het inwendige omhoogkomende energie af. De lage temperatuur van de ster tijdens het minimum (1600° C.) maakt het niet onmogelijk dat zulke processen bij deze meestal rode sterren de oorzaak van de lichtwisseling zijn, terwijl de pulsatie nu slechts een secundaire rol speelt.

Behalve Mira zijn er nog een groot aantal dergelijke sterren bekend, maar de heldere zijn alleen tijdens het maximum zonder kijker waarneembaar of ze hebben slechts een zeer geringe helderheidsvariatie. Goed waarneembare Mirasterren zijn eigenlijk allemaal kijkerobjecten en wanneer men niet over een kijker beschikt kan men meer genoegen beleven aan de waarneming

ster	periode	^{m}max	^{m}min	soort ster
T van de Walvis	160^d	5.2	6.0	Mira ster?
α van Cassiopeia		2.1	2.6	onregelmatig
ρ van Perseus		3.2	4.1	onzeker
α van Orion	2070	0.1	1.2	Mira ster
UU van de Voerman	235	5.1	6.8	
RS van de Kreeft	258	5.3	6.8	Mira ster?
U van de Waterslang		4.8	5.9	onregelmatig
κ van de Slangendrager		4.1	5.0	onregelmatig
α van Hercules		3.1	3.9	onregelmatig
R van de Lier		4.0	4.5	onregelmatig
μ van Cepheus		4.0	4.8	onregelmatig
ρ van Cassiopeia		4.4	5.1	onregelmatig

van Cepheïden of Algolsterren. Wilt u beslist eens kijken naar langperiodieke of onregelmatige veranderlijke sterren, dan kunt u in het bovenstaande lijstje zien, welke sterren daarvoor in aanmerking kunnen komen. Het bevat naast Mirasterren ook enkele onregelmatige veranderlijken. Bedenk bovendien, dat de lange perioden het waarnemen van Mirasterren tot een werk maken, dat pas na jaren interessante en waardevolle resultaten afwerpt. Zo'n ster behoeft dan ook niet iedere heldere avond, maar hoogstens twee keer per maand te worden waargenomen.

Zelf afstanden meten van sterren

De afstandsbepaling van sterren is een der moeilijkste problemen uit de astronomie. Er zijn in de loop der tijden een groot aantal methodes uitgedacht om de afstanden van de hemellichten te bepalen. Daarbij is wel gebleken, dat de sterren geweldig ver weg staan. Pas in 1838 lukte het aan Bessel als eerste om de afstand van een ster te bepalen (de 5^m ster 61 van de Zwaan). Nu zijn er volgens de door hem voorgestelde methode enkele honderden afstanden van sterren gevonden.

Het is voor een amateur hoogstwaarschijnlijk onmogelijk om dergelijke afstandsbepalingen uit te voeren, zelfs al zou hij over een goed instrumentarium beschikken. Er is echter een andere manier om de afstand van een bepaald soort sterren zeer nauwkeurig te vinden en dat kan zelfs een liefhebber zonder hulpmiddelen gemakkelijk doen. De soort sterren, waarvoor dat mogelijk is, zijn de Cepheïden.

Het is niet zo, als Herschel aanvankelijk dacht, dat alle heldere sterren tamelijk dicht bij staan en dat alle zwakke sterren verder weg zijn. Dat zou wel erg eenvoudig zijn bij de afstandsbepaling, want dan zou het voldoende zijn de helderheid van een ster te meten om daaruit direct dan te kunnen weten hoe ver weg ze staat. Zo eenvoudig is het helaas niet; een zwakke ster kan in werkelijkheid een helder stralend hemellicht zijn, dat zeer ver weg staat en dat daardoor veel zwakker lijkt dan een ster van de eerste grootte (1^m), die in werkelijkheid misschien een zwak dwergsterretje is, dat veel dichter bij staat. De werkelijke helderheid verschilt dus van ster tot ster.

Stel, dat we (in gedachten) alle sterren op één bepaalde afstand van ons konden opstellen, dan zouden we direct kunnen

zien, wat nu werkelijk heldere en wat nu werkelijk zwakke sterren zijn. Natuurlijk is dat een louter denkbeeldig plan, maar al is het in de praktijk niet uitvoerbaar, het is wel op papier te doen. Men plaatst alle sterren op een afstand van 23.6 lichtjaar en de helderheid, die ze dan zouden hebben, noemt men de *absolute magnitude* (*M*). Het verschil tussen de schijnbare en de absolute magnitude wordt de afstandsmodulus genoemd (*m—M*). Hoe groter dit getal is, hoe zwakker de ster, dus hoe verder zij weg staat. Als we de afstandsmodulus kennen, dan weten we direct de afstand van de ster, want we kunnen die zonder berekening aflezen uit figuur 26.

Nu bevindt zich ergens aan de zuidelijke hemel, op onze breedte altijd onzichtbaar, een tweetal sterstelsels, die de Magellaanse wolken worden genoemd. In één daarvan zijn er een aantal Cepheïden te zien en nu deed miss Leavitt, een Amerikaanse astronome, de merkwaardige ontdekking, dat hoe helderder zo'n Cepheïde was, hoe langer haar lichtwisseling duurde. Het was dus blijkbaar mogelijk uit de lengte van de periode de helderheid van zo'n ster af te leiden. Dat is weliswaar de schijnbare helderheid, maar omdat alle sterren in die Magellaanse wolk even ver van ons af staan, (en wel niet minder dan 180 000 lichtjaren) kunnen we even goed zeggen, dat er een verband tussen hun absolute helderheid en hun periode bestaat. Dat verband heet de periode-lichtkrachtwet en doordat van een aantal Cepheïden de afstanden zo goed mogelijk langs een aantal andere wegen zijn bepaald, kan men die wet daarmee ijken (fig. 27).

Wanneer u nu zelf een Cepheïde waarneemt, (bijvoorbeeld η van de Arend), dan kunt u uit een reeks waarnemingen een lichtkromme proberen te vinden en daaruit dan de periode af-

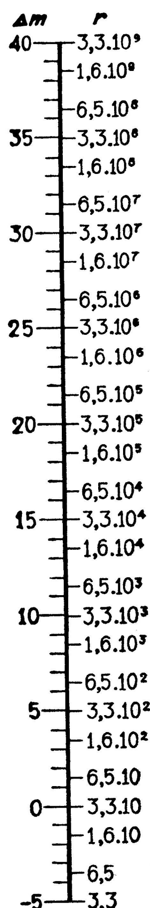


Fig. 26. Met behulp van deze figuur kan men de afstandsmodulus van een ster omzetten in de afstand uitgedrukt in lichtjaren. Zoek in de linkerschaal Δm op, dan vindt men in de rechterschaal de afstand.

lezen. Laten we aannemen, dat u precies 5 dagen zou vinden (het is in werkelijkheid wat meer), dan zien we uit de figuur van de periode licht-krachtwet, dat de absolute helderheid M = $-1^m.9$. In werkelijkheid is de helderheid in het minimum $4^m.4$ en in het maximum $3^m.7$, dus gemiddeld $4^m.05$. Nu bere-

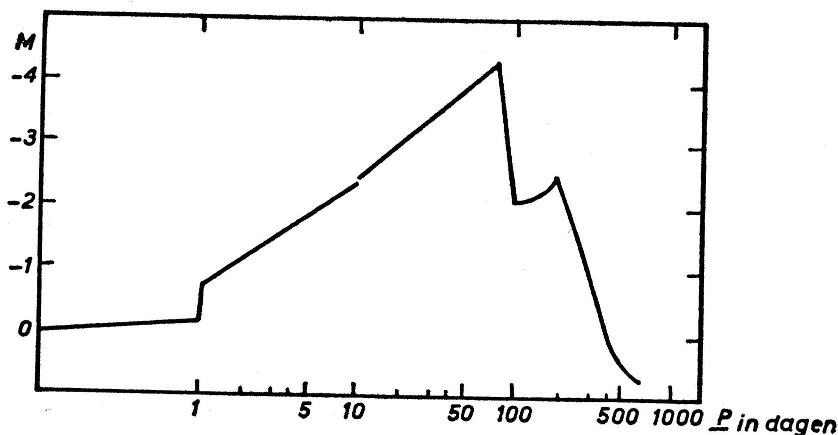


Fig. 27. De periode-lichtkrachtwet voor Cepheïden en Mira-sterren is een direct verband tussen de periode (*P*) van lichtwisseling en de absolute helderheid (*M*) van deze sterren. (Ontleend aan Kukarkin, Erforschung der Struktur und Entwicklung der Sternsysteme).

kenen we de afstandsmodulus (m—M) en vinden daarvoor $5^m.95$. In figuur 27 lezen we dan de bijbehorende afstand af in lichtjaren en deze blijkt 500 lichtjaren te bedragen. Op deze wijze kunt u zelf de afstanden van de Cepheïden bepalen, mits de periode bekend is en die is door eigen waarnemingen te bepalen.

Ook voor de Mirasterren bestaat er een periode-lichtkrachtwet. Deze is eveneens in figuur 27 opgenomen, zodat het mogelijk is ook van een Miraster de afstand te meten. Bij het bepalen van de afstandsmodulus moeten we echter bij een Miraster voor de schijnbare helderheid m de maximale schijnbare helderheid kiezen, terwijl we bij de Cepheïden de gemiddelde schijnbare helderheid nemen.

Verduisteringen van zon en maan

Naast het waarnemen van veranderlijke sterren, meteoren en planeten, zijn er natuurlijk nog talrijke andere belangwekkende verschijnselen te zien. Het zou onjuist zijn niet even de zons- en maansverduisteringen te vermelden, waarvan er bijna ieder jaar ook één of meer te zien zijn. Ze oefenen altijd een grote aantrekkingskracht op het publiek uit, zodat de kranten er zonder uitzondering steeds een artikeltje over schrijven en het juiste tijdstip van begin en einde vermelden. Bij een zonsverduistering is het van belang de ogen goed te beschermen door een zwart beroet glas of beter en eenvoudiger door enkele zeer donkere fotografische negatieven op elkaar te leggen en daardoor te kijken. Het volgen van zo'n verduistering is belangwekkend, het begrijpen er van eist, dat we ons de ligging van maan, aarde en zon in de ruimte goed voorstellen en als zodanig kan het onze belangstelling voor de astronomie opwekken.

Bij een totale maansverduistering treden er vaak prachtige kleureffecten op. De rode, soms zeer donkerrode kleur van de totaal verduisterde maan, het langzaam donkerder worden van de hemel, als de eclips inzet, terwijl die rood gekleurde maan tenslotte te zien is tijdens de totaliteit temidden van de vele, anders tijdens volle maan volkomen onzichtbare zwakke sterren, maakt zo'n maansverduistering reeds tot een onvergetelijk schouwspel. Misschien zouden nauwkeurige kleurwaarnemingen door amateurs uitgevoerd wel interessant zijn.

Nu we in dit verband toch over de maan spreken, moet ik u nog even attent maken op die donkere vlekken, die zonder kijker op de volle maan, als ze niet is verduisterd, duidelijk te zien zijn. Wanneer u het plan hebt om een kijker aan te schaffen of er één te gaan bouwen, dan is het nuttig om te trachten eens die donkere vlekken nauwkeurig te tekenen. Van tevoren kunnen we op papier een cirkel trekken met een straal van bijvoorbeeld 5 cm en dan proberen we, rustig gezeten op een makkelijke stoel bij het liefst rode licht van een zaklantaarn, eens nauwkeurig de vormen, die we aan die vlekken kunnen onderscheiden zo zorgvuldig mogelijk te tekenen. Wanneer we dat enkele keren doen, krijgen we ervaring in het tekenen van moeilijk zichtbare details op een schijfje, dat we aan de hemel zien en die ervaring kan later bij het waarnemen van Mars of

Jupiter in de kijker van grote waarde zijn en ons dan te pas komen.

Het kleureffect van een maansverduistering is niet te vergelijken met de geweldige indruk, die een totale zonsverduistering bij ons kan achterlaten. Helaas zullen wij hier in onze streken in de komende jaren niet van een dergelijk gebeuren getuige kunnen zijn, terwijl de mogelijkheid van slecht weer de reis naar een gebied, waar er wel een zichtbaar is, altijd riskant maakt. We zullen het dan ook niet verder over dit soort verduisteringen hebben.

Poollichten

Naast vuurbollen, verduisteringen en sterrenregens, behoort een verschijning van het poollicht in onze streken wel tot één der mooiste natuurverschijnselen. Soms wordt men er zelfs door een speciaal radiobericht op attent gemaakt en het prachtige schouwspel kan zich op allerlei manieren, in verschillende vormen en soms zelfs in groenachtige of rode kleuren voordoen.

Poollichten ontstaan in de atmosfeer van onze eigen planeet, meestal op hoogten tussen 100 en 300 km. Ze hangen samen met storingen op de zon, die verantwoordelijk zijn voor het ontstaan van deze lichtverschijnselen, waarnaar iedere liefhebber van de sterrenkunde altijd met genoegen kijkt. Hoe dat ontstaan precies in zijn werk gaat, daarover zijn verscheidene theorieën, maar volkomen zekerheid heeft men hierover nog lang niet. Waarschijnlijk zijn het door die storingen op de zon uitgezonden geladen deeltjes, die in onze dampkring doordringen en daar de luchtdeeltjes aan het lichten brengen.

Wanneer men systematisch op poollichten gaat letten, zal men bemerken, dat ook op onze breedten meer dan eens een zwak poollicht te zien is. Een absolute voorwaarde om zoiets te kunnen waarnemen is echter, dat er geen storende verlichting aanwezig is, zeker niet aan de noordelijke horizon. In de grote stad zal dat dus niet gemakkelijk kunnen, maar op het platteland of tijdens de vakantie kan men er wel gelegenheid toe vinden.

Het poollicht kan zich onder een rijke variatie van vormen in verschillende kleuren voordoen. Het gewone poollicht is geelgroen, maar rode poollichten komen ook voor. De meest

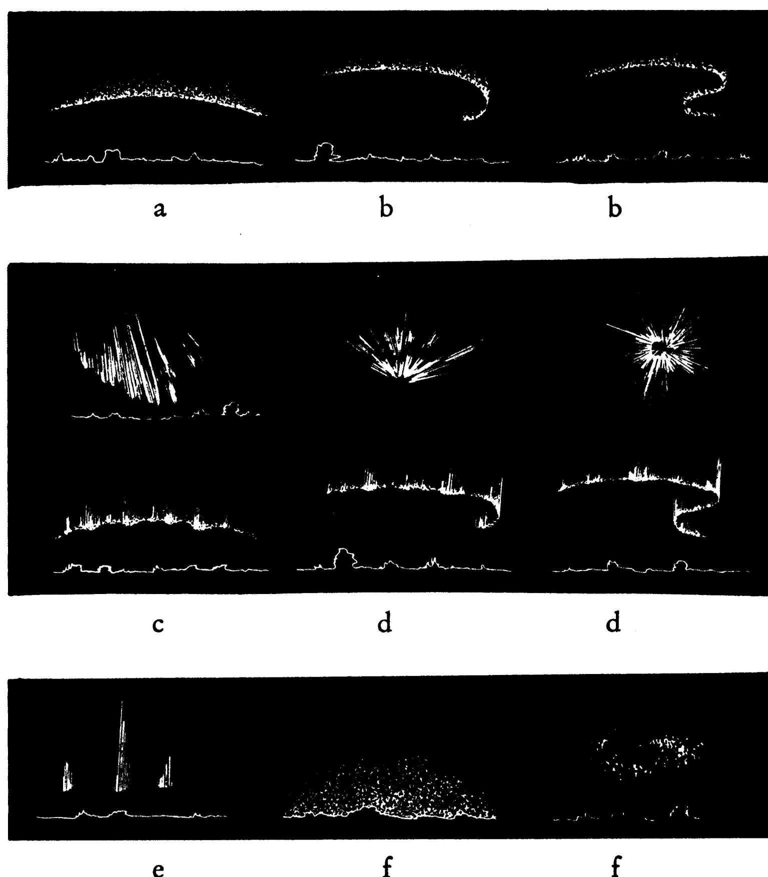


Fig. 28. Diverse soorten poollichten: a. het segment, waarvan er soms meer dan een zijn te zien; b. segment met golvingen; c. een segment met strepen heet draperie; d. draperie met golvingen; boven c. en d. de poolkroon of corona, die zeer zeldzaam is; e. stralen van zeer hoge poollichten; f. diffuus poollicht.

voorkomende vormen (fig. 28) zijn die van een gebogen segment, meestal in het noorden in de buurt van de meridiaan, waarvan de onderkant zich scherper aftekent dan de bovenzijde. Er onder is de hemel zeer donker, terwijl bij uitzondering wel eens meer dan één min of meer evenwijdige segmenten te zien zijn. Schatting van de hoogte (bijvoorbeeld om het kwartier) of meting er van met de hoogtemeter of bepaling van de

positie ten opzichte van de zichtbare sterren kan wetenschappelijk waardevol zijn. Zo'n segment kan zich verplaatsen en zelfs golvingen vertonen. Ontstaan er strepen, dan noemt men het een draperie, die bestaat uit een segment, dat opgebouwd is uit naast elkaar gelegen stralen loodrecht op de boog zelf. Soms vertoont zo'n draperie zich als een stralenband met een bocht er in, beweegt en verplaatst zich in de loop van de nacht. Als de stralen tot het magnetisch zenith doorlopen, kunnen ze daar convergeren en er de poolkroon of corona vormen. Dit is wel de prachtigste vorm van poollicht, die we kunnen waarnemen.

Er komt echter ook nog een geheel andere vorm van poollicht voor, wanneer zich geïsoleerde stralenbundels vormen, als die van een zoeklicht in breedte variërend van enkele boogminuten tot een paar graden en soms tot 50° lang, met scherpe randen. Waarneming van die stralen is wel belangrijk, want zij bevinden zich meestal buitengewoon hoog tot bijna 1000 km toe; een bewijs, dat er tot op die geweldige hoogte toch nog lucht aanwezig is, al is die dan ook buitengewoon ijl.

De vorm, waarin het poollicht zich ook zeer vaak pleegt te vertonen is die van een zwak diffuus licht, een schijnsel laag in het noorden, dat er net zo uit ziet als het schijnsel van de schemering en dat als het zich hoog aan de hemel bevindt gelijkt op een lichtende wolkensluier.

Hoewel poollichten in onze streken slechts enkele malen per jaar met succes kunnen worden waargenomen, kan iedere amateur zich er mee bezig houden. De helderheid schat men door deze te vergelijken met die van de melkweg. Als er kleuren zichtbaar zijn moeten die ook worden vermeld, evenals de plaatsen aan de hemel, waar die kleuren zich voordoen. Voor de amateur zonder kijker vormen de poollichten een welkome mogelijkheid om zijn liefhebberij te activeren.

V. DE STERRENWACHT MET EEN KIJKER

Een grote of een kleine kijker? — Een reflector en een refractor? — Het bouwen van een eenvoudige lenzenkijker — De opstelling — Een kijker uit een bouwdoos — Spiegels slijpen — Koopkijkers in soorten en prijzen — Prismakijkers.

Een grote of een kleine kijker?

„Hoe kom ik aan een sterrenkijker?", dat is de vraag, die menig beginnend amateur zich stelt. Vaak vergeet hij dan, dat het bezit van een telescoop weliswaar de verwezenlijking kan betekenen van een lang gekoesterde wensdroom, maar tevens de oorzaak kan zijn van een nieuw en dikwijls nog moeilijker vraagstuk; „wat doe ik met zo'n instrument?" Het is uitermate belangrijk zich dat terdege te realiseren, alvorens een kijker te gaan kopen of bouwen, omdat het antwoord daarop in de eerste plaats dient te beslissen over de soort en de grootte van het gewenste apparaat.

In het algemeen worden astronomische kijkers gebruikt voor drie verschillende doeleinden. In de eerste plaats om bepaalde objecten groter te zien. Dat is het doel, dat het meest tot de niet ingewijde spreekt. Een vraag, die praktisch altijd bij het zien van een grote kijker door niet deskundigen wordt gesteld is: „hoeveel keer bedraagt de vergroting?" Toch is dat slechts een klein deel van de waarde van het instrument en zelfs voor amateurs is dat niet altijd het meest essentiële punt, hoe vreemd u dat ook misschien moge schijnen. Hiervoor zijn echter belangrijke motieven aan te voeren. De sterren bevinden zich zo geweldig ver weg, dat ze zelfs in het grootste instrument nooit anders gezien worden dan als lichtpuntjes, dus in precies dezelfde vorm, waarin we ze ook zonder kijker zien. Zelfs van de dichtstbijzijnde ster kan men met de grootste kijker ter wereld geen sterschijfje direct zien, zoals met het blote oog bij de maan het geval is. Of men nu 500, 1000 of 2000 keer vergroot, die ster blijft een licht*puntje,* zodat grote vergrotingen daar niets tegen uitrichten. Integendeel het gezichtsveld, het stuk van de hemel, dat we in de kijker door het oculair zien wordt

bij een grotere vergroting erg klein. Zien we bij een vergroting van 50 keer de ster temidden van een rijk veld van andere sterren, bij 500 keer wordt de omgeving, die we nog kunnen overzien veel beperkter en het fraaie schouwspel van een schitterend lichtje temidden van vele andere fonkelende diamantjes verandert in de schrale aanblik van een paar lichtende sterretjes. Hoewel dit voor de metingen van de vakastronoom geen factor van betekenis is, kan het voor de amateur, die voor zijn genoegen en uit bewondering het firmament waarneemt, wel van belang zijn. De prachtige schoonheid van de sterrenhemel, die de amateur zowel als de vakman stimuleert in zijn activiteit, openbaart zich stellig veel beter bij een kleine vergroting dan bij een zeer grote. Zelfs kan men zeggen, dat ons oog zonder kijker eigenlijk een onovertroffen indruk geeft van de sterrenhemel door de grote aantallen sterren, die we tegelijk kunnen zien.

Er is echter een belangrijk soort waarnemingen, waarbij de vergroting wel een rol speelt, namelijk bij het waarnemen van de planeten. Is het onze bedoeling bij de planeten, inbegrepen de maan en de zon, kleine bijzonderheden op hun oppervlak te bestuderen, dan is het dikwijls van belang met een zo groot mogelijke vergroting te werken. Staart u zich daar echter ook weer niet blind op; het is mogelijk, dat een waarnemer met een grote kijker en een kleine vergroting veel meer ziet, dan u met uw kleine kijkertje en een extra grote vergroting. Wie zich echter in de eerste plaats op dit soort waarnemingen wil gaan toeleggen, moet wel zorgen voor een kijker, die flinke vergrotingen toelaat.

De onrust van de lucht is echter ook nog een belangrijke spelbreker. Wanneer we door onze kijker naar een hemellichaam kijken, dan nemen we licht waar, dat een lange weg door de dampkring heeft afgelegd. Het licht wordt niet alleen verzwakt door de extinctie, die we reeds ter sprake hebben gebracht, maar bovendien wordt het van zijn rechte weg afgetrokken. Er zijn voortdurend bewegingen in die luchtlagen van onze dampkring, zelfs op rustige windstille dagen. Het afkoelen van het aardoppervlak nadat de zon is ondergegaan, de daarmee samenhangende vertikale luchtstromingen van warmere en koudere luchtmassa's, dat alles verandert de richting waarin de lichtstraal van de ster zich beweegt, zodat deze wordt afgebogen. De

voortdurende variaties in de luchtlagen doen die afbuiging ook steeds veranderen, zodat die turbulentie in onze atmosfeer tot gevolg heeft, dat het lijkt of we de ster steeds in een iets andere richting zien. Op deze wijze verklaart men het fonkelen en flikkeren der sterren, dat we soms heel goed kunnen waarnemen en dat in zeer hevige mate op bepaalde momenten laagstaande sterren zelfs heen en weer doet springen. Men noemt dit de scintillatie. Het kan op een winternacht buitengewoon helder zijn, zodat u de sterren van 6^m kunt zien en toch volkomen ongeschikt om bijvoorbeeld de planeet Mars waar te nemen met een flinke vergroting, als in zo'n nacht de sterren een duidelijk zeer sterke scintillatie vertonen. Ieder puntje van het zeer kleine planeetschijfje zal dan heen en weer springen en hoe sterker we vergroten, hoe meer die onrust mee wordt vergroot, zodat we in plaats van duidelijke details nog slechts vage onduidelijke beelden waarnemen. In zo'n geval kan men dus geen grote vergrotingen gebruiken en men zegt dan dat de „seeing" slecht is. De term „seeing", die niet in het Nederlands is te vertalen, gebruikt de astronoom om de toestand van de lucht te karakteriseren. Naast de helderheid is de seeing het belangrijkste kenmerk van het al of niet geschikt zijn van de nacht voor bepaalde waarnemingen. Vooral bij het onderscheiden van de zeer kleine details op de minuscule planeetschijfjes met zo groot mogelijke vergroting speelt de seeing een veel grotere rol dan de helderheid. Het kan zelfs voorkomen, dat een lichte grondnevel het onmogelijk maakt zwakke sterren waar te nemen, terwijl het heldere schijnsel van een planeet er nog juist doorheen dringt en de dan soms optredende zeer goede seeing maakt het op zo'n moment mogelijk toch waardevolle planeetwaarnemingen te verrichten.

Het voornaamste doel van de astronomische kijker is de lichtwinst. Deze wordt in eerste instantie bepaald door de diameter van het objectief, dat is bij een lenzenkijker of refractor de voorste grote lens, die op de hemel wordt gericht en bij een spiegelkijker of reflector de grootste spiegel. Hoe groter de middellijn van het objectief, hoe meer licht er in de kijker kan vallen. Het is als het ware of we in plaats van met ons menselijk oog met een diameter van ongeveer 5 mm nu kijken door een kunstmatig reuzenoog met een veel grotere diameter. Is de middellijn van ons objectief bijvoorbeeld 40 mm, dan is de

lichtwinst $(^{40}/_5)^2 = 64$. We zien 64 keer zoveel licht van een ster met deze kijker als zonder het instrument. Het gevolg is, dat we sterren kunnen zien, die zo weinig licht uitzenden, dat we ze zonder kijker absoluut niet kunnen waarnemen. De magnitudeschaal wordt daarvoor voortgezet en we spreken van sterren van de 7-de, 8-ste, 9-de enz. magnitude, onzichtbaar voor het ongewapend oog maar wel in een kijker. We kunnen nu dus veel meer sterren waarnemen en veel zwakkere. Hoe groter de diameter van het objectief, hoe zwakker sterren we kunnen waarnemen. Het volgende lijstje geeft daar een indruk van:

diameter van het objectief	*lichtwinst*	*zwakste nog zichtbare ster (grensmagnitude, m_g)*
5 mm	1 keer	$5^m.5$
40	64	10.0
60	144	10.9
80	256	11.5
108	450	12.1

Natuurlijk speelt de helderheid van de hemel een grote rol. De kijker zal alleen topprestaties kunnen leveren onder de beste condities, dus bij goed helder weer, geen maanlicht, geen schemering en geen storend stadslicht. Is in de stad bijvoorbeeld de zwakste ster, die men nog zonder kijker zien kan niet $5^m.5$, maar 3^m, dan ziet men met een 80 mm kijker niet $11^m.5$, maar 9^m als zwakste ster. De lichtwinst blijft dus constant.

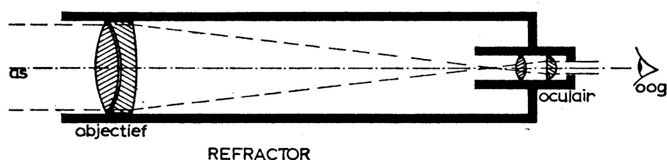
Voor het waarnemen van zwakke sterren, de maantjes van Saturnus, planetoïden, nevels, sterrenhopen en kometen is de lichtwinst beslissend. Het is dus belangrijk om allereerst te trachten een kijker te verkrijgen met een maximale diameter en daarna pas een zo groot mogelijke vergroting. Een vergroting van 500 keer is in ons klimaat wel het meeste, wat men kan bereiken, ook bij zeer grote instrumenten van 25 cm of meer. Slechts een of twee keer per jaar zal er onder uitzonderlijk gunstige omstandigheden meer zijn te bereiken.

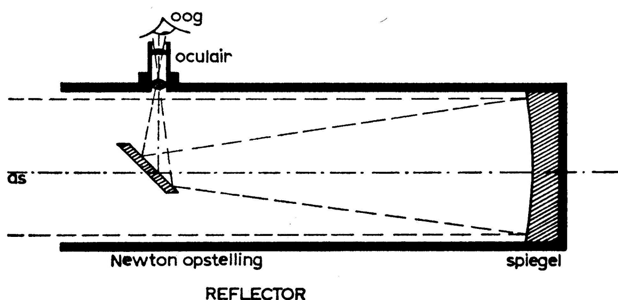
Het derde doel, waarvoor de astronoom een kijker gebruikt is om er richtingen mee vast te leggen en de hoeken tussen twee sterren mee te meten. Voor dit soort werk zal een amateur-

kijker in het algemeen niet worden aangeschaft, zodat we er verder niet over behoeven uit te weiden.

Een reflector of een refractor?

De werking van een lenzenkijker of refractor is zeer eenvoudig te verklaren (fig. 29). Een grote lens, het objectief, vormt een beeldje van een ster of een planeet in het brandpunt van die lens, juist zoals men met een brandglas een klein beeldje van de zon kan verkrijgen. Het objectief bestaat meestal uit een twee-





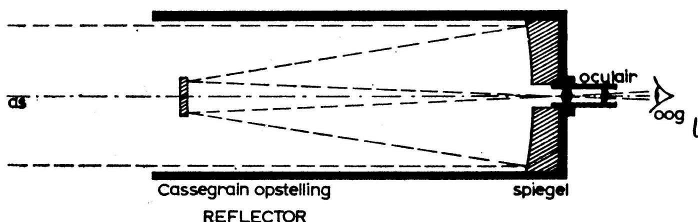


Fig. 29. De werking van een lenzenkijker (refractor) vergeleken met die van een spiegelkijker (reflector) in twee verschillende vormen.

tal lenzen, die dicht op elkaar staan of soms zijn samengekit. De ene lens is gemaakt uit kroonglas en is bol, de andere uit flintglas is hol. De laatste breekt iets sterker dan de eerste en het lenzenstelsel is zo gemaakt, dat diverse lenzenfouten, zoals de kleurschifting bijvoorbeeld, zo goed mogelijk zijn gecorrigeerd. Dit samengestelde objectief heeft meestal een lange brandpuntsafstand, vaak 15 keer zo groot als de diameter. Hierdoor komt het dat zo'n refractor, als de middellijn van het objectief niet te klein is, een tamelijk lang groot instrument wordt, dat niet gemakkelijk te hanteren is en daardoor een stevige trillingsvrije opstelling vereist.

Aan het einde van de kijkerbuis bevindt zich het oculair, waar we (met één oog!) doorheenkijken. Bij een kijker behoort in het algemeen meer dan één oculair. Het kortste oculair geeft de grootste vergroting, terwijl ieder oculair een andere vergroting oplevert. Meestal zal deze bij de oculairen vermeld staan.

Een goed oculair bestaat uit twee lenzen, die echter veel kleiner zijn dan die van een objectief. Daardoor is de prijs van een oculair lang niet zo hoog als van een objectief. De vraag komt natuurlijk naar voren: welk oculair of liever welke oculairen moet men aanschaffen? We zullen in het kort enkele soorten bespreken.

Het meest geschikte oculair voor de amateur is wel dat van Huygens, dat sedert deze het in 1703 introduceerde overal in gebruik is. Het bestaat uit twee lenzen (fig. 30), beide plat-bol en van dezelfde soort glas vervaardigd. De bolle kanten moeten naar het objectief toegekeerd staan, terwijl het door het objectief ontworpen beeldje tussen de twee lenzen in komt te liggen. Dit laatste is een bezwaar van dit soort oculair, want het brandvlak, waar zich zo'n beeldje dus bevindt is op deze wijze zeer moeilijk toegankelijk. Als men iets wil gaan meten en dus een dradenkruis of een meetplaatje (soms nog bewegelijk ook) in het brandvlak moet plaatsen, dan moet dat gemakkelijk bereikbaar zijn en daarom wordt er in zo'n geval geen gebruik gemaakt van een Huygens oculair, maar van een ander soort.

Een tweede oculair, dat aan dit bezwaar tegemoet komt en dat dan ook veel op sterrenwachten wordt gebruikt is het Ramsden-oculair. Dit is samengesteld uit twee plat-bolle lenzen (fig. 30) ook van dezelfde soort glas, maar nu zijn de beide bolle kanten naar elkaar toegekeerd. In dit geval valt dan het

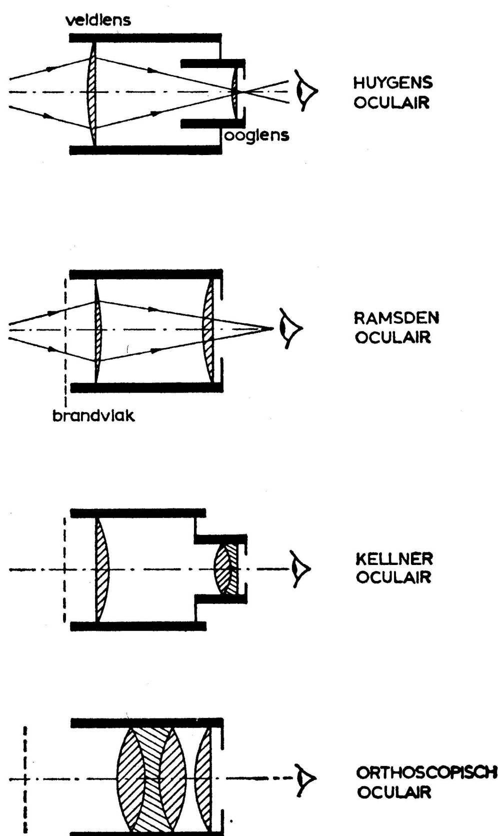


Fig. 30. Diverse soorten oculairen, die in astronomische kijkers gebruikt worden.

brandvlak voor de eerste lens, dus tussen objectief en oculair. Het nadeel is, dat het gezichtsveld iets kleiner is dan dat van het Huygens-oculair. Bovendien heeft men meer last van storende reflex-beelden.

Beide bovenvermelde oculairen hebben het nadeel, dat ze kleurschifting kunnen vertonen bij het beeld. Dit kan worden vermeden door een Kellner-oculair te gebruiken, waar de ooglens (de lens waar we ons oog voor plaatsen) uit twee lensjes

is vervaardigd (fig. 30), één van flintglas en één van kroonglas (net als een objectief), die op elkaar zijn gekit. Deze combinatie is vrij van kleurschifting, maar uiteraard ook duurder dan het gewone Huygens-oculair.

Hoewel men dus zo de kleurschifting kan opheffen (we spreken dan van een achromatisch stelsel), blijft er nog als bezwaar bestaan, dat de beelden aan de rand van het gezichtsveld niet volkomen scherp zijn. Zolang we de oculairen echter bij een kijker met een grote brandpuntsafstand gebruiken (zo van 15 keer de diameter van het objectief), zoals bij de meeste refractors, dan is dit geen opvallend bezwaar. Bij spiegelkijkers echter, waar de brandpuntsafstand kleiner is ten opzichte van de middellijn van de spiegel, kan het gewenst zijn, dat we over een oculair beschikken, dat ook stralenbundels, die schuin op het oculair vallen, de zogenaamde randstralen, scherp laat zien. Het beste oculair dat hiervoor in aanmerking komt is een orthoscopisch oculair.

Samenvattend kunnen we zeggen, dat een amateur, die een eenvoudige lenzenkijker zelf bouwt met een goedkoop brillenglas als objectief, volstaan kan met twee Huygens oculairen te kopen (kosten omstreeks *f* 50; 650 B.Fr. nieuw). Schaft hij zich een beter achromatisch objectief aan, dan kan hij met beide oculairen blijven volstaan, waarvoor hij brandpuntsafstanden kiest van bijvoorbeeld 50 mm en 15 mm. Koopt men een kijker dan zullen er in het algemeen oculairen bij zijn.

De amateur, die echter een spiegel wil slijpen met een grote opening (bijv. 200 mm) en een niet te lange brandpuntsafstand, zodat het instrument toch hanteerbaar is, spaart zich de kosten van een tamelijk duur objectief, maar hij zal moeten bedenken, dat het nu wel eens nodig kon blijken naast een Huygens oculair van zeg 30 mm een iets duurder orthoscopisch oculair van 5 mm brandpuntsafstand te kopen. Voor de bezitter van de lenzenkijker is dat dus niet noodzakelijk, hoewel het natuurlijk ook een prachtig beeld geeft, waarvan ook de lichtsterkte groter is dan bij andere soorten oculairen.

De spiegelkijker, die nu automatisch ter sprake is gekomen, bestaat uit een grote parabolische spiegel, meestal verzilverd, maar soms ook veraluminiseerd. Dit laatste is veel duurzamer. Meestal kiest men nu de brandpuntsafstand vijf keer zo groot als de diameter, maar dat is geen bindend voorschrift. Een

grote spiegel is veel goedkoper dan een grote lens, omdat ze veel gemakkelijker is te vervaardigen. Iedere amateur met voldoende geduld is in staat zelf zo'n spiegel te slijpen en daar komen we straks wel op terug, maar een lens zal men bijna altijd moeten kopen. Het door de spiegel teruggekaatste licht (fig. 29) komt samen in een brandpunt, dat zich in de bundel invallend licht bevindt en daarom zal men het zo niet kunnen waarnemen, maar tevoren naar een andere beter bereikbare plaats afbuigen. Hiervoor bestaan er verschillende oplossingen, zoals een vlak spiegeltje opgesteld onder 45° met de as van de spiegel (de Newton-opstelling) of een hyperbolisch spiegeltje, dat de lichtbundel terugkaatst door een opening in de grote spiegel (Cassegrain-opstelling). Deze laatste is pretttig, omdat we nu in dezelfde richting kunnen kijken als normaal zonder instrument, maar het bezwaar is dat het boren van een gat in een met veel moeite en geduld zelf geslepen spiegel grote gevaren van breuk met zich meebrengt, waartoe de amateur, die het werkstuk zelf heeft voltooid dus niet zo gauw zal overgaan. Er zijn nog wel andere mogelijkheden, maar niet van groot belang voor de doeleinden van de amateur.

Wanneer men nu voor de keuze staat tussen een reflector of een refractor, dan zijn de volgende argumenten wellicht te overwegen.

1. U kunt voor een paar tientjes een paar oculairen en een eenvoudig objectiefje kopen en daarmee zelf een refractor bouwen. De opstelling daarvan moet u zelf dan natuurlijk ook zo zorgvuldig mogelijk uitvoeren.

2. Er is een firma, die deze ingrediënten in de handel brengt in de vorm van een bouwdoos.

3. Wilt u voor weinig geld een groot instrument hebben, dan kan dat alleen door zelf een flinke spiegel te slijpen. Bedenk echter wel, dat wat men aan geld bespaart, verloren gaat aan tijd, want spiegels slijpen is een tijdrovend werkje, waar men ook ervaring in moet opdoen. Waarschijnlijk zal men nu toch ook nog ongeveer honderd gulden moeten besteden aan een paar goede oculairen. Bovendien moet u ook de opstelling niet vergeten, die vooral bij een grote reflector met zorg moet geschieden.

Hoofdzaak is echter dat de beeldscherpte van de spiegel aan zeer strenge eisen voldoet, anders heeft een grote spiegel nog

minder waarde dan een kleine lens, omdat een zeer kleine afwijking van een spiegel direct van veel groter invloed is dan een soortgelijke bij een lens. Vooral door amateurs geslepen spiegels zijn vaak lang niet ideaal, omdat ze fouten vertonen, die sterke afbreuk doen aan de detailscherpte bij grote vergrotingen. Zulke spiegels verdragen geen sterkere vergrotingen dan 80 tot 100 keer en dat is meestal niet de bedoeling van de maker, die zo'n spiegel vervaardigde.

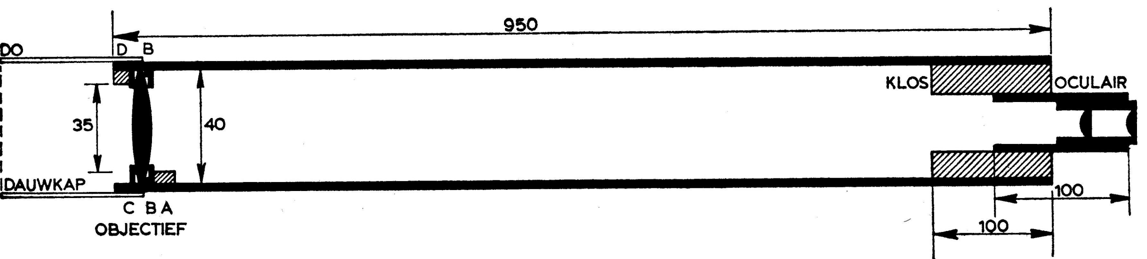
4. Tenslotte zijn er nog de esthetische overwegingen, die tot gevolg kunnen hebben, dat sommigen de voorkeur geven aan een refractor boven een spiegeltelescoop. Dat zijn echter motieven, die buiten een zakelijk betoog vallen.

5. Er zijn ook spiegelkijkers in de handel, zodat wie om een of andere reden een reflector prefereert, bijvoorbeeld omdat die weinig plaats inneemt, ook op deze wijze een instrument kan verkrijgen.

Zelf een eenvoudige lenzenkijker bouwen

Om een eenvoudige kijker voor een klein bedrag te kunnen bouwen moeten we beschikken over de volgende benodigdheden:

1. het objectief, een biconvexe lens van 40 mm (of meer) diameter en 1000 mm brandpuntsafstand, sterkte 1 dioptrie, te betrekken bij een opticien.
2. een Huygens oculair van 50 mm en een van 15 mm brandpuntsafstand. De eerste geeft een vergroting 1000 : 50 = 20 keer; de andere 1000 : 15 = 65 keer. Zoals u ziet, krijgt men de vergroting door de brandpuntsafstand van het objectief te delen door die van het oculair.
3. een buis van 95 cm lengte en een diameter iets groter dan die van het gekochte objectief. Deze make men niet van karton! Het beste is een koperen buis, maar aluminium of desnoods zink is ook bruikbaar.
4. een buisje van 10 cm lengte, waarin het oculair past.
5. een houten klos van 10 cm lengte, die precies binnen de grote buis met een beetje moeite (stroef) past en waarin een gat wordt geboord *precies in het midden*, zodat het buisje van 10 cm daar doorheen kan worden geschoven.
6. het frame van een oude fiets.



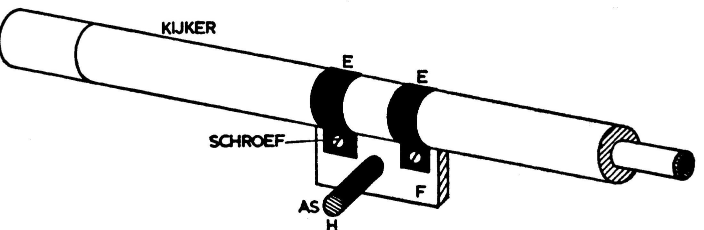


Fig. 31. Werkschema voor de bouw van een eenvoudige lenzenkijker.

7. een houten driepoot.
8. twee metalen klemmen, die om de grote buis passen (zie werktekening).
9. een aantal schroeven.

De bouw van de kijker zelf. We beginnen de buis van binnen zwart te maken (eventueel ook het kleine buisje) door een in rijwiellak gedrenkte lap enkele keren door de buis te halen. Daarna worden beide buizen van buiten wit geschilderd of, wat mooier is, gespoten.

Nu beginnen we het objectief in de buis te plaatsen. Dit gaat met drie houten klosjes (A), die in de buis worden gelijmd. Daarna maakt men van dik karton een ring B, die precies binnen in de buis past en lijmt deze op de drie blokjes. In de ring bevindt zich een opening van 35 mm, zodat deze ring tegelijk als diafragma dient om de hinderlijke randstralen een beetje te elimineren. Hierop wordt nu het objectief gelegd, dat echter niet met de handen moet worden aangepakt. Vermijd iedere aanraking met lenzen of spiegels, want de vingerafdrukken gaan er niet meer af!! Pak een lens net als een foto aan de rand vast! Het objectief moet precies centrisch op de ring komen (fig. 31) en hieraan moet de uiterste zorg worden besteed, want daarvan hangt de waarde van uw instrument voor een groot deel af. De slechte resultaten, waarover men vaak klaagt met zulke eenvoudige kijkertjes zijn vaak een gevolg van een niet nauwkeurige plaatsing van het objectief. Mocht er toch teveel speling zijn, knip dan een aantal kartonnen ringetjes, die precies om het objectief passen en schuif die er om. Een tweede ring C precies gelijk aan B sluit het objectief af en drie vastgelijmde blokjes D bevestigen daarna het geheel stevig in de buis. Aan het uiteinde kunt u om de buis nog een kartonnen kap maken, dat voorkomt het beslaan van uw objectief in een vochtige nacht, met veel dauw; die heet dan ook een dauwkap.

Het oculair moet nu binnen de kleine buis worden geplaatst, zodat het er stevig in zit, maar eventueel toch ook kan worden uitgenomen om door het andere oculair te worden vervangen. Als er teveel speling is rolt men om het oculair net zo lang dun karton of dik papier en plakt dat vast, tot het geheel juist binnen de buis iets klemmend past. Nu wordt de kleine buis verschuifbaar binnen de klos gebracht, die op haar beurt binnen

de grote buis wordt vastgelijmd (raadpleeg steeds de werktekening, fig. 31).

De opstelling. Nu de kijker klaar is, willen we die natuurlijk proberen door haar te richten op een torenspits of een ver verwijderde schoorsteen. Het blijkt dan moeilijk om de zware buis trillingsvrij in de hand te houden. Daarom moeten we wel een statief maken. Een stevige driepoot is allereerst nodig, maar de kijker moet ook nog in alle richtingen draaibaar zijn. Hiervoor kan men heel handig gebruik maken van het frame van een oude fiets.

Twee metalen klemmen E sluiten precies om de kijkerbuis en kunnen met schroeven worden geklemd. Zij worden vastgeschroefd aan een houten plankje F, dat draaibaar is om de vooras H van de fiets. H is op de gewone manier gelagerd in de vork van het fietsframe. Draaiing om deze as doet de kijker op en neer bewegen. Het zal moeilijk zijn, dat precies uit te balanceren, maar men moet het zo zorgvuldig mogelijk doen. De vork kan op de gebruikelijke manier zelf draaien binnen de daarvoor bestemde buis van het frame, die losgemaakt wordt van de rest van de fiets en vastgezet aan de driepoot.

Natuurlijk kan men de opstelling ook anders maken en daarbij gebruik maken van eventueel aanwezige andere hulpmiddelen. Een fotografische statief is ook zeer goed bruikbaar, maar uiteraard duurder.

De zo gebouwde opstelling is een azimuthale, dat betekent de kijker is draaibaar in hoogte en azimuth (windrichting). We zien de sterren echter hun banen beschrijven ongeveer om de poolster en daarbij verandert zowel hun hoogte als hun azimuth. Daardoor moet een zo opgestelde kijker voortdurend bijgedraaid worden om beide assen tijdens het waarnemen. Men kan dit probleem ondervangen door een parallactische opstellin, waarbij de vertikale as scheef wordt gezet, zodat ze juist naar de hemelpool wijst. Nu behoeft men theoretisch slechts om een as te draaien om een ster bij haar beweging langs de hemel te volgen. Men zou zelf zo'n opstelling tot stand kunnen brengen door de stuurstang met vork onder ongeveer 52° vast te schroeven aan de driepoot, maar nu is het alleen mogelijk de kijker in evenwicht te brengen als men aan de andere kant van de as, dus bij het stuur zelf een tegengewicht aanbrengt,

dat even zwaar weegt als de kijker. Misschien is dat voor een handige liefhebber niet zo moeilijk te verwezenlijken.

Een kijker uit een bouwdoos

Niet iedere beginnende sterliefhebber is een handig instrumentmaker. Heel vaak zal de aan de werkbank vaardige knutselaar met zijn met veel zorg en moeite vervaardigd instrument weinig waarnemen, terwijl de amateur, die er alleen maar naar verlangt langs het firmament te speuren achter zijn telescoop gezeten, dikwijls de vereiste vaardigheid mist en ook de nodige hulpmiddelen om een goed opgestelde kijker eigenhandig te vervaardigen. In de meeste gevallen zijn ook zijn geldmiddelen niet toereikend om een kijker te kopen. Sinds korte tijd is er echter ook hiervoor een oplossing te geven.

De firma Polaris te Amstelveen brengt een astronomische bouwset in de handel. Deze complete bouwdoos bestaat allereerst uit een echt achromatisch objectief met een opening van 40 mm en een brandpuntsafstand van 900 mm. Alleen het bezit van dit objectief is reeds meer waard dan een volledig geconstrueerde kijker volgens ons eigen schema, die echter voorzien is van een simpel brilleglas. De bouwset bevat verder twee oculairen, die 45 en 70 keer vergroten, een zonnefilter en een aluminium kijkerbuis. Aan deze buis bevindt zich een azimuthale bevestiging, die op een gewoon fotostatief kan worden gemonteerd. Dit laatste moet men dan naast de bouwdoos nog aanschaffen of men moet een andere oplossing voor de opstelling van de kijker bedenken. Deze complete bouwdoos kost momenteel (1960) *f* 63.— (ca. 850 F.).

Dezelfde firma levert achromatische objectieven in diverse maten (tot 100 mm toe) en allerlei soorten oculairen met brandpuntsafstanden van 4 tot 60 mm. (Prijs *f* 100 tot *f* 400).

Spiegels slijpen

Voor het bouwen van een reflector moet men eerst de beschikking hebben over een spiegel en die is niet zoals een lens te koop[1], zodat men haar meestal zelf zal maken. Wat we nodig

[1] Volgens een advertentie in *Hemel en Dampring* (1958) levert de firma van Soolen-Schmidt te Rotterdam wel spiegels aan zelfbouwers.

hebben zijn allereerst twee glazen schijven van de gewenste diameter. Een van deze schijven wordt de spiegel, voorlopig noemen we haar spiegelschijf. De andere, de slijpschijf moet zeer goed worden opgesteld op een stevige slijptafel. Iedere zware tafel kan daarvoor gebruikt worden, mits die zeer solide is, want men moet er terdege op letten, dat de tafel niet tijdens het werk kan verschuiven. Op de tafel moet de slijpschijf zeer stevig worden bevestigd, waarbij ook weer goed moet worden gelet op een grote bedrijfszekerheid. Het mag niet voorkomen, dat tijdens het werk de slijpschijf losschiet van de tafel. Het kan namelijk gebeuren, dat tijdens het slijpen de platen aan elkaar worden vastgezogen, zodat men ze moet losrukken. Probeer dus eerst de opstelling, door er aan te rukken en flink te schudden en dat meerdere malen te herhalen; dat voorkomt later veel verdriet!

Er wordt begonnen met grof slijpen, waarbij gebruik wordt gemaakt van carborundum 80. Doe een jampotje tot op $^4/_5$ van de hoogte vol en vul daarna water bij tot de pot vol is. Smeer met een kwast het slijpmiddel met water op de slijpschijf, zodat het hierop een papje vormt. Plaats nu de spiegelschijf op de slijpschijf, zodat het middelpunt van de eerste een paar cm van de rand van de tweede ligt (fig. 32) en beweeg de spiegelschijf nu in de pijlrichting op en neer. Tijdens de beweging van de slijper af, draait deze de spiegelschijf ieder slag een beetje naar rechts en om de minuut draait hij de slijpschijf 30° om naar links. Deze laatste handeling kan natuurlijk ook worden vervangen door zich zelf over 30° te verplaatsen om de slijptafel. Door deze slag toe te passen drukt het hele spiegelgewicht op het midden van de spiegel en dus op de rand van de slijpschijf. Het resultaat is dan, dat we een holle spiegel krijgen en een bolle slijpschijf en dat willen we juist hebben. Op deze wijze moeten we geduldig doorwerken, steeds de spiegel met beide handen vasthouden en doorgaan minstens vijf minuten. Dan stoppen en de carborundum verversen en weer opnieuw aan de slag. Na een half uur wordt de spiegel onder de kraan afgespoeld en dan begint er een nieuwe ronde van weer een half uur slijpen zonder onderbreking. Wil men af en toe pauzeren dan zal men natuurlijk ook langer moeten doorgaan.

Na ongeveer een uur slijpen kan men met een fijner soort carborundum gaan werken om het spiegeloppervlak zuiver

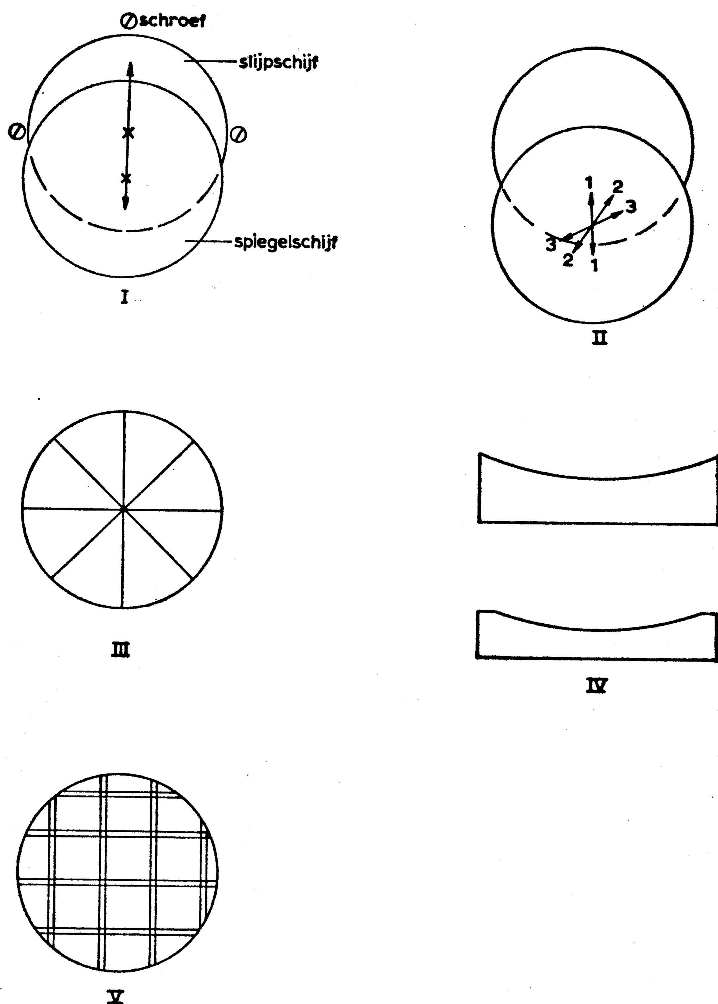


Fig. 32. Het slijpen van een spiegel; van twee glazen schijven wordt de ene, de spiegelschijf over de andere, de slijpschijf bewogen met een slijpmiddel er tussen. Men begint met een grote slag (I) te maken gedurende ongeveer een uur en daarna net zo lang een iets kleinere met een fijner slijpmiddel (II). Met potloodstrepen (III) controleert men of de vorm van het spiegelend oppervlak al goed is en in dat geval wordt eerst de spiegelschijf van een vlak facet voorzien (IV) om afbrokkelen te voorkomen. Voor het polijsten maakt men op de slijpschijf een peklaag, waarin groeven worden gesneden (V).

sferisch te krijgen, want dat is het nu nog lang niet. Dit moet gebeuren met carborundum 120. Eerst moeten de spiegelschijf, de slijpschijf en de tafel grondig worden schoongemaakt. Het is nu raadzaam om een iets fijnere slag te maken (fig. 32), waarbij het middelpunt van de spiegelschijf zich beweegt van 1 naar 1; van 2 naar 2; van 3 naar 3 enz. Het draaien van spiegel en slijpschijf geschiedt weer op dezelfde manier, maar let vooral op, dat de slagen kort blijven en dat het middelpunt van de spiegelschijf zich maar over een gedeelte van de middellijn van de slijpschijf verplaatst ($^1/_3$ tot $^1/_2$). Hiermee gaat men ongeveer een uur door. Daarna zal men de kromtestraal van de spiegel moeten onderzoeken. Voor ons doel is het voldoende, dat de spiegel goed sferisch wordt. Hiervoor is de potloodmethode buitengewoon doeltreffend.

Nadat spiegel- en slijpschijf grondig zijn schoongemaakt, trekken we er met potlood dikke lijnen op (fig. 32) door de middelpunten en maken dan een heel kleine slag van ongeveer 1 cm. We halen nu de spiegel weg en gaan na of de potloodlijnen over hun hele lengte gelijkmatig zijn weggewist, want dan kunnen we er zeker van zijn, dat de oppervlakken voldoende sferisch zijn. Zijn de lijnen slechts hier en daar verzwakt, dan dient men beslist met carborundum 120 door te gaan. Het kan blijken, dat de lijnen alleen in het midden goed blijven, maar aan de rand sterk verzwakken, waaruit volgt, dat de spiegel in het midden te hol is. We moeten dan de randen nog eens extra een beurt geven en dit kan het beste gebeuren door slijpschijf en spiegel om te wisselen. Monteer de spiegelschijf vast op de slijptafel en maak met de slijpschijf nu dezelfde slag als eerst met de spiegel. Nu geeft het midden van de slijpschijf een grotere druk op de randen van de spiegel, zodat de randen nu een beurt krijgen. Vergeet niet om de vijf minuten het slijpmiddel te verversen en na een half uur opnieuw de proef te nemen. Blijken nu de potloodlijnen juist in het midden te verdwijnen, dan moeten de beide schijven weer worden omgewisseld en opnieuw wordt nu een kwartier geslepen. Is alles tenslotte goed, dan wordt er opnieuw en zorgvuldig gespoeld.

Het is nu verstandig aan de spiegel en de slijppan een klein vlak facet te maken om afbrokkelen van het glas te voorkomen. Dit kan men doen door de spiegel op een vlakke ruit te leggen en te slijpen met carborundum 3F tot er een vlakke

facet van minimaal 3 mm is ontstaan. Langs de slijpschijf behoeft de facet niet meer dan 1 mm te zijn en zij is aan te brengen door de slijpschijf om een as te draaien en een stuk glas met carborundum 3F er tussen tegen de rand te drukken (zie vooral figuur 32).

We slijpen nu opnieuw minstens een uur met carborundum 2F en nemen dan weer de potloodproef. Dan verwisselen we de beide schijven zo nodig en gaan net zo lang door met wisselen en slijpen tot de spiegel mooi sferisch en gelijkmatig zacht is.

Nu kunnen we beginnen met de bewerking met amaril. Amaril bewerkt het glas veel gelijkmatiger dan carborundum, breekt lang niet zo, maar haalt al het overtollige glas weg. Het slijpen verloopt volkomen gelijk aan dat met carborundum. Wil men zorgvuldig te werk gaan, dan neemt men eerst 60 minuten en daarna 120 minuten amaril, maar desnoods kunnen we ook met 60 minuten amaril volstaan. Een tot anderhalf uur zal deze bewerking toch wel minstens kosten.

Met het nu volgende proces, het polijsten van de spiegel, kan pas worden begonnen als het oppervlak van de spiegelschijf volkomen glad is zonder grove putten. Overtuig u daar dus goed van!

Verwarm nu een hoeveelheid pek in een pannetje, maar laat het niet koken. Van tevoren is er om de slijpschijf een rand vochtig papier bevestigd, zodat het pek er niet kan aflopen en zij is een beetje voorverwarmd. Giet nu op de slijpschijf een enkele mm dikke peklaag en laat die iets afkoelen. Nu wordt de spiegelschijf in lauw water gedompeld en tegen het pek gedrukt om dit in de juiste vorm te persen. We drukken eerst zacht, later iets steviger, maar ondertussen draaien we zachtjes. Dan verwijderen we de papieren rand om de slijpschijf en snijden snel met een nat warm mes groeven in de pekpan, die 2 cm uit elkaar liggen in de aangegeven vorm (fig. 32) of anders, maar niet symmetrisch t.o.v. het middelpunt. De groeven maken we ongeveer 3 mm breed en zo netjes mogelijk, terwijl ze naar beneden toe V-vormig toelopen, desnoods tot de glasoppervlakte toe. Zorg dat de spiegel goed nat blijft en pers nog eens (niet te hard!) en laat haar enige uren persen, waarbij men steeds goed moet zorgen, dat de spiegel nat blijft. Werk tenslotte de groeven nog wat bij.

Probeer nu de pekhuid door kleine slagen te maken en als ze goed is, vullen we een jampotje met polijsrood, doen er water bij en smeren met een penseel de pekhuid in. Nu gaan we polijsten met een korte slag van ongeveer $^1/_3$ van de middellijn evenals bij het fijnslijpen. Vooral niet te hard drukken en droog polijsten vermijden. Meestal zal het midden eerst beginnen te glimmen en dan moeten we de spiegel en de slijpschijf weer omwisselen en met de slijpschijf gaan polijsten. Het minimum van de polijstduur is ongeveer 8 uur, maar het kan wel langer duren tot 20 uur toe. Duurt het echter nog langer dan heeft men de spiegel te vroeg gepolijst zonder dat zij voldoende was fijngeslepen en men zal het slijpproces moeten overdoen!

Onderbreekt men het polijsten enige dagen, dan moet men alles goed reinigen en stofvrij opbergen en wanneer men later verder gaat het pekoppervlak eerst weer verwarmen en op vorm brengen.

In de meeste gevallen zal het nu nodig zijn de spiegel te paraboliseren, waarvoor het voldoende is enkele facetten van de slijpschijf te verwijderen. We gaan hier echter niet op in. In onze literatuurlijst zijn boeken te vinden, die op dit soort technische details breedvoerig ingaan en de amateur, die voldoende geduld heeft opgebracht om zijn spiegel tot zover te slijpen zal ongetwijfeld intussen met behulp van speciale literatuur op dit gebied de verdere weg vinden. Hij zal daar tevens de beschrijving vinden van de mesproef van Foucault en van andere steekproeven om de mogelijke fouten in zijn spiegel op te sporen. Daarna moet de spiegel nog verzilverd of veraluminiseerd worden en ook dat kan men zelf doen. Het is dan echter nodig over voldoende chemische ingrediënten en outillage te beschikken. Heeft men dit niet dan is het goedkoper het uit te besteden. We gaan op de verdere details niet meer in. Na het voltooien van de spiegel, komt de constructie van de reflector. Uit de vroeger besproken schema's is te zien (fig. 29) hoe dit kan gebeuren, terwijl de azimuthale of parallactische opstelling naar wens kan worden uitgevoerd.

Wij hebben in het kader van dit boek een vrij uitvoerig résumé gegeven van het slijpen van spiegels. Het zal de lezer natuurlijk duidelijk zijn, dat daarmee de zaak niet is afgedaan. Persoonlijk prefereer ik een refractor boven een spiegelkijker, maar het zou onjuist zijn te loochenen, dat in het buitenland,

met name in Engeland de laatste decennia door amateurs spiegeltelescopen met grote openingen zijn gebouwd, waarmee buitengewoon waardevolle waarnemingen van de maan en de planeten zijn gedaan en waardoor de amateurs daar een belangrijke en voorname plaats innemen onder de actieve visuele waarnemers. Het ontbreken van een aantal flinke spiegelkijkers in ons land is beslist een tekort. Het is echter niet de bedoeling van dit boek u een complete handleiding te verschaffen voor de bouw van een spiegeltelescoop, omdat dit te veel plaats in beslag zou nemen. Het was slechts onze bedoeling u er van te weerhouden lichtvaardig aan het slijpen te tijgen. Nog meer dan door bovenstaande technische toelichtingen zouden wij dat kunnen illustreren met de woorden van amateurslijper Land, die in een der laatste nummers van *De Meteoor* schreef: „Geachte lezer, misschien heeft u plannen om het eens te proberen; ik bid u: bezint eer ge begint. Uw moeder zal u binnen zeer korte tijd verwensen, uw vrouw zult u van u verwijderen, uw schoonouders vervloeken u."

Het zal voor de gemiddelde liefhebber van de sterrenkunde duidelijk zijn geworden, dat het slijpen van een spiegel en het bouwen van een reflector eigenlijk meer onder de soort hobby's „zelf knutselen", dan bij „zelf sterren kijken" thuis horen en dat het veel tijd en inspanning zal kosten om via die weg tot sterrenkijken te komen. In veel gevallen zal de amateur dan ook dit tijdrovende slijpen vermijden en zijn toevlucht zoeken bij een eenvoudiger maar helaas kostbaarder oplossing: de koopkijker.

Koopkijkers, in soorten en prijzen!

Het is onmogelijk om in een korte samenvatting een volledige opsomming te geven van het grote aantal instrumenten, dat in een bonte verscheidenheid van prijzen, soorten en kwaliteiten na het jaar 1950 in een onafzienbare stroom op de kijkermarkt is verschenen.

Het eenvoudigste gaat dat met de spiegelkijkers. De firma van Soolen-Schmidt te Rotterdam biedt spiegeltelescopen van 100 mm aan (f = 800 mm) met vergrotingen van 40 en 80 keer vanaf *ƒ* 165.— (ca. 2175 F.), terwijl zij een 150 mm reflector adverteert in 1958) voor een prijs vanaf *ƒ* 500.— (ca. 6575 F.).

Het schijnt mogelijk te zijn zelfs een 24 cm kijker bij haar te betrekken, maar ook kan men er onderdelen bestellen of draaiwerk laten uitvoeren.

Een andere Nederlandse firma, die parabolische spiegels voor reflectors levert is de Optische Industrie „De Oude Delft" te Delft. In 1948 adverteerde deze firma ook met complete telescopen, maar het is de vraag of die nu nog leverbaar zijn. Over de prijzen is mij niets bekend. Verscheidene Amerikaanse firma's leveren spiegelkijkers voor minder dan 100 dollar. Hun adressen vindt men in het tijdschrift *Sky and Telescope.*

Voor lenzenkijkers kan men bij zeer veel adressen terecht. Particuliere bouwers, zoals Meesters in Halfweg adverteren dikwijls met refractors tot 15 cm toe. Een grote serie instrumenten wordt aangeboden door de firma Polaris in Amstelveen. Azimuthale kijkers van 40, 50, 60 en 75 mm kosten resp. *f* 188.—, *f* 196.—, *f* 296.— en *f* 620 (resp. ca. 2475, 2600, 3900 en 8150 F.). Voor dit laatste bedrag heeft men echter een 60 mm parallactische kijker met elektrische aandrijving en 5 oculairen, die van 35 tot 130 keer toe vergroten. Voor een amateur een ideale uitrusting, die echter wel een vaste opstelling verlangt.

Wilt u kunstmanen gaan waarnemen, dan levert dezelfde firma u een sateliet-telescoop met een gezichtsveld van 12° voor *f* 225.— (ca. 3000 F.). Kijkers van Zeiss of andere instrumenten worden geregeld ook tweedehands aangeboden in het tijdschrift *Hemel en Dampkring.* De geïnteresseerde zal op deze wijze spoedig de goede weg op dit gebied vinden.

Bij het maken van een keus moet men goed overwegen, waar de kijker komt te staan. Bedenk dat een instrument van 60 mm nog verplaatsbaar is, maar dat een parallactische opstelling van weinig waarde is als u de kijker niet vast kunt opstellen. Het aanzienlijke bedrag, dat men daar dan meer aan uitgeeft, is eigenlijk niet goed besteed. Vergis u niet in de bezwaren, die het verplaatsen van een grote kijker met zich mee brengen, wat de verkoper ook mag suggereren! Een 60 of 75 mm kijker buiten brengen en opzetten is een zwaar karwei en in de praktijk moet het altijd na uw dagtaak gebeuren, als men meer zin heeft om rustig in een fauteuil bij de kachel uit te blazen. Het gevolg zal zijn, dat men na enkele keren de grote kijker niet meer gebruikt, omdat men tegen het werk opziet en de aardig-

heid er spoedig af is. Voor regelmatige waarnemingen is een vaste opstelling bijna onvermijdelijk, of koop een klein licht kijkertje van 40 mm, dat gemakkelijk te hanteren is.

Prismakijkers

Wie een gemakkelijk hanteerbare kijker verlangt, die hij als stadsbewoner mee kan nemen naar een rustig plekje om de sterren te kunnen zien zonder veel moeizaam gesjouw met een zware opstelling, kan voor zijn sterrenkundige waarnemingen een prismakijker aanschaffen. Het is volkomen verkeerd om te denken, dat zo'n eenvoudig instrument voor astronomisch werk onbruikbaar zou zijn. Ook door vakmensen wordt van prismakijkers gebruik gemaakt voor het snel waarnemen van sommige verschijnselen, waarvoor een grote kijker niet noodzakelijk is. Een goede prismakijker laat sterren tot de achtste of de negende magnitude zien, zodat het mogelijk wordt veranderlijke sterren waar te nemen, planeten als Uranus en Neptunus of planetoïden te volgen, terwijl ook de Jupitermanen zichtbaar kunnen zijn. Vele nevels en sterrenhopen zullen zich op een prachtige wijze manifesteren, doordat ze gezien worden temidden van een groot aantal zwakke sterren in een wijde omgeving. Ook zijn prismakijkers ideaal om de kunstmanen te volgen in hun baan om de aarde, althans voorzover die vanuit de woonplaats van de waarnemer gezien kan worden.

Voor sterrenkundig werk is een groot objectief van ongeveer 50 mm gewenst, omdat we lichtzwakke objecten willen waarnemen. Ook de vergroting is van belang en deze moet minstens anderhalf maal zo groot zijn als de diameter van het objectief in cm wil men ten volle kunnen profiteren van de grote opening. Een kijker van 50 mm moet dus minimaal acht keer vergroten. Het verdient echter aanbeveling de vergroting op te voeren tot boven het minimum, omdat men dan zwakkere sterren ziet. Dit wordt veroorzaakt door de hemelachtergrond, die ook licht geeft (zelfs op zeer donkere avonden) en die dan wordt uitgespreid over een groter oppervlak en daardoor wordt verzwakt. Daar de sterren puntvormige lichtbronnen zijn, wordt hun helderheid niet minder. Het contrast tussen de sterren en de hemelachtergrond neemt dus toe en daardoor ziet men zwakkere sterren. Experimenteel blijkt dit uit te komen. Te

ver moet men natuurlijk ook weer niet gaan, want dan zullen zwakkere objecten met een groter oppervlak, zoals nevels en kometen te veel verzwakken. We adviseren een vergroting van 10 keer bij 50 mm (of 8 keer bij 40 mm). Groter dan 50 mm moet men de objectiefdiameter niet kiezen, omdat dan een statief noodzakelijk wordt. Het verdient trouwens toch aanbeveling om ook een kleinere kijker eens in een eenvoudig statiefje te klemmen, zodat zij niet meer trilt, omdat men dan versteld zal staan, hoeveel meer men van de sterrenhemel krijgt te zien.

Voor ongeveer 150 gulden (ca. 2000 F.) kan men momenteel een Japanse prismakijker van 10 bij 50 kopen, die zoals mij is gebleken zeer goed voldoet. Deze splitst dubbelsterren tot 20″ afstand en laat sterren tot 10^m zien. Natuurlijk mist men de details op de maan en de planeten, maar daartegenover staat de waardevolle mogelijkheid de kijker overal heen mee te nemen, tot zelfs op vakantie toe!

VI. DE TIJD VAN HET PROBEREN

De opstelling van een kijker — Wat presteert mijn kijker? — Testen met dubbelsterren — Het gebruik van verdeelde cirkels — Het gezichtsveld van de oculairen — Het keuren van een te koop aangeboden kijker.

De opstelling van een kijker

De amateur, die na veel geduld en lang sparen een kijker aangeschaft heeft, zal dikwijls met ongeduld uitzien naar de eerste heldere avond, waarop hij zijn instrument kan gaan proberen. Natuurlijk zal hij met groot enthousiasme de maan gaan waarnemen of de planeten Jupiter, Mars, Saturnus of Venus. Misschien gaat hij ook wel op zoek naar spiraalnevels, verlangend om zelf die ver verwijderde sterstelsels te zien, waarover hij in boeken heeft gelezen. Het is de bedoeling om u in de volgende hoofdstukken wenken te geven over wat er op dit gebied wel en wat er niet valt te verwachten van een amateurkijker.
Wilt u echter met blijvend genoegen waarnemen, dan is een absolute voorwaarde om allereerst een gedeelte van de tijd te besteden aan experimenteren, aan proefwaarnemingen om de kijker te leren kennen en om haar mogelijkheden ten volle te kunnen uitbuiten.

Begin met uw aandacht te wijden aan de opstelling. Is het een eenvoudig instrument met een azimuthale opstelling, dan zijn er weinig problemen; we zoeken een geschikt plaatsje waar we het apparaat kunnen neerzetten, liefst in de open lucht met zo veel mogelijk vrij uitzicht en nu kunnen we direct met de volgende test beginnen.

Heeft de kijker een parallactische opstelling, dan kunnen we beginnen met de uuras op de poolster te richten zodat de kijker althans in eerste benadering goed staat. Staat de kijker op een zuil, dan moet deze op een betonnen voet worden gefundeerd en volkomen vertikaal staan. Dit is met een waterpas na te meten. Daarna wordt de uuras pas onder 52° gesteld in noordelijke richting. Dit doet men 's avonds op de eerste de beste heldere avond. Span een draad van de bovenkant van de zuil

naar een punt op de fundering en ga er achter op uw hurken zitten. Zorg dan, dat de Poolster juist in het verlengde van de draad zit, als u met één oog langs de draad kijkt. De volgende dag wordt de kijker zo opgesteld, dat de uuras langs de draad valt, of tenminste er mee evenwijdig. Daarna komt de nauwkeurige precisie-instelling.

Daarvoor stelt men de kijker in op een ster, die ongeveer in het zuiden staat, maar tamelijk hoog (minstens 60 graden). De ster moet worden opgezocht met de kleinste vergroting, maar daarna stelt u de grootste vergroting in. Volg nu de ster, draai de kijker mee met de beweging van de ster naar het westen of zet het drijfwerk aan. Bij het begin stelt men de kijker zo, dat de ster midden in het veld staat en men klemt de declinatie. Na een kwartiertje staat de ster anders, zij heeft zich niet alleen naar het westen verplaatst, want dat is door het draaien om de uuras gecompenseerd, maar ook staat ze nu lager of hoger. Staat de ster hoger, dan moet men de uuras iets meer ten westen van de poolster richten, terwijl als de ster lager komt de uuras juist meer oostwaarts moet worden gesteld. Dit bereikt men vaak het eenvoudigste door de hele kijker, met voet en al iets te draaien. Volg dan opnieuw de ster een kwartier en herhaal dit net zo lang tot er geen verplaatsing meer is te vinden. Stel dan opnieuw in op een andere ster op grote hoogte, die nog niet in het zuiden staat en zet haar midden in het veld van uw grootste vergroting. Ga dan desnoods een paar uur iets anders doen en kijk opnieuw. Na bijdraaien van de kijker om de uuras moet de ster nog midden in het veld staan. Pas als dat gelukt, is uw opstelling goed in azimuth georiënteerd, maar zoals wel duidelijk zal zijn geworden: hiervoor heeft men wel enkele avonden werk.

Nu moet echter de hoogte van de uuras nog worden gecontroleerd en daartoe stelt men de kijker in op een ster ten westen van de poolster, niet al te ver daar vandaan. We schakelen weer de grootste vergroting in en volgen met onze kijker. Na een half uur bekijken we de stand van de ster, na bijdraaien om de uuras: staat ze nog midden in het veld? Stijgt de ster hoger, dus boven het midden, dan moet de uuras hoger worden ingesteld, dus gericht op een punt boven de oorspronkelijke positie, terwijl ze omlaag moet, als de ster daalt. Herhaal dit ook net zo lang, totdat de sterren na enkele uren geen noemens-

waardige verplaatsing meer vertonen. Pas dan staat de kijker goed, de motor van een eventueel aanwezig drijfwerk kan rustig worden ingeschakeld en het waarnemen wordt plezierig. Voor fotograferen met de kijker of met een op die kijker gemonteerde camera is een goede opstelling beslist vereist.

Bij het bovenstaande hebben we steeds gesproken over het stijgen en dalen van de ster. Dit kan voor de ondeskundige een bron van verwarring zijn, want we bedoelen daar het volgende mee. In figuur 33 is het veld van de kijker weergegeven door een cirkel. De ster S beweegt zich langs de lijn A-B. Deze bepaalt de richting oost-west. Komt de ster nu boven deze lijn, dan stijgt ze, komt ze er onder dan daalt ze. In het eerste geval beweegt ze zich dus schijnbaar naar het zuiden, in het tweede naar het noorden. Als we een ster ten westen van de poolster waarnemen, staat het gezichtsveld anders (fig. 33), omdat de richting oost-west nu vertikaal staat.

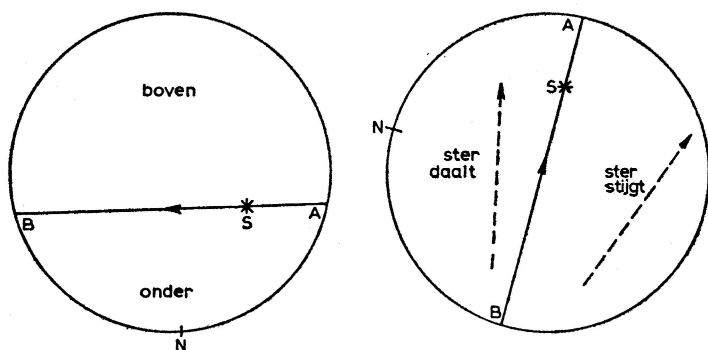


Fig. 33. Neemt men een ster in het zuiden waar, dan beweegt die zich van rechts naar links in het veld van een omkerende kijker. De richting beneden is het noorden (naar de Poolster). Bij een ster ten westen van de Poolster (figuur rechts) is de beweging naar boven. Beweegt de ster nu naar rechts, dan staat de uuras van de kijker te laag, beweegt ze naar links dan staat die as te hoog.

Bij een azimuthale opstelling is dit werk dus niet nodig. Het is natuurlijk ook niet nodig bij het beoordelen van een kijker, die men ter overname aangeboden krijgt. In het laatste geval is het gewenst zo'n instrument te onderwerpen aan een aantal testproeven. Bepaal de grensmagnitude, neem enkele dubbelsterrentests en ga het gezichtsveld na van enkele oculairen.

Meestal is dat voldoende om de waarde van zo'n instrument te beoordelen.

Wat presteert mijn kijker?

In het vorige hoofdstuk is de lichtwinst van de kijker aan de orde gekomen. We hebben besproken, dat deze voor een bepaald instrument afhangt van de diameter van het objectief en in dat hoofdstuk hebben we een tabelletje gegeven, waarmee we die lichtwinst kunnen vinden of wat eenvoudiger is de grensmagnitude, m_g. Vooral als men een kijker aangeboden krijgt en moet beslissen of ze een gevraagd bedrag waard is, vormt dit een heel goede proef.

Meet om te beginnen de diameter van het objectief en bepaal de te verwachten lichtwinst met de genoemde tabel. Nu gaan we het instrument testen door dit experimenteel te controleren. Er bevinden zich in de buurt van de poolster een aantal sterren, waarvan de helderheid door de vakastronomen zeer precies is nagegaan. Men noemt deze reeks de „North Polar Sequence" en ze omvat sterren van $2^m.1$ tot $17^m.4$. In figuur 34 is een kaartje van deze reeks gegeven; de genummerde sterren hebben de volgende helderheden:

no.	^{m}visueel	^{m}fotogr.	no.	^{m}visueel	^{m}fotogr.
1	2.07	2.56	18	9.56	9.77
2	4.39	4.39	19	9.77	10.08
3	5.30	5.22	20	8.63	10.16
4	5.58	5.76	21	9.82	10.31
5	5.82	5.95	22	10.37	10.52
6	6.46	6.46	23	9.24	10.53
7	6.30	6.50	24	10.56	10.92
8	6.33	6.64	25	9.87	10.96
9	5.08	6.67	26	10.06	11.07
10	7.06	7.12	27	10.88	11.27
11	7.55	7.38	28	10.72	11.36
12	6.32	7.93	29	10.46	11.44
13	8.13	8.32	30	11.22	11.58
14	8.83	8.93	31	11.30	11.88
15	7.57	8.96	32	11.90	12.28
16	9.06	9.11	33	12.03	12.61
17	8.27	9.18	34	12.24	12.68

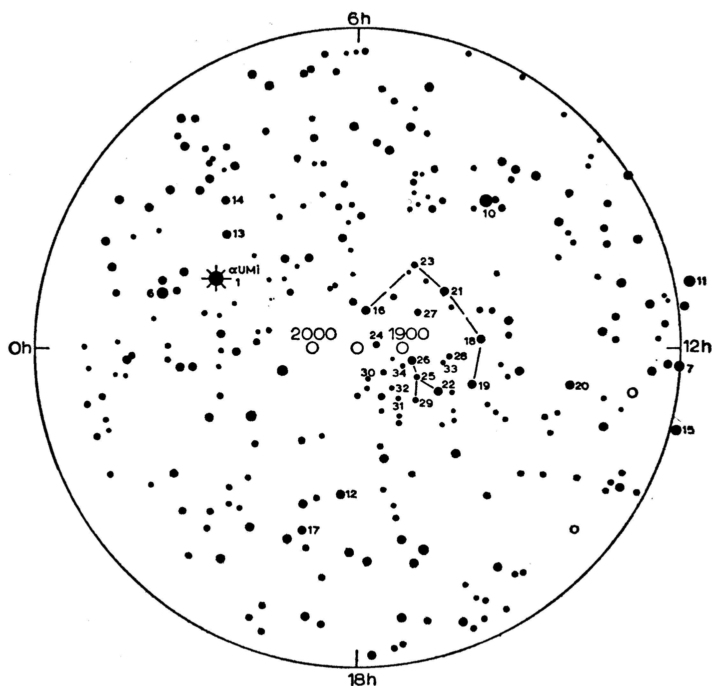


Fig. 34. Een kaart van de North Polar Sequence, waarop de sterren genummerd staan aangegeven, waarmee men de grensgrootte van een kijker kan bepalen. De heldere ster links boven is de Poolster.

In de tweede kolom zijn de visuele en in de derde kolom de fotografische helderheden vermeld. Bij de meeste sterren lopen die uiteen. Ons oog, waarvoor de visuele helderheid geldt, is meer gevoelig voor geelgroen licht dan voor blauw-violette stralen. De fotografische emulsie daarentegen is in het algemeen veel gevoeliger voor blauwachtig licht, tenzij men speciaal fotografisch materiaal gebruikt. De „North Polar Sequence" wordt meestal gebruikt bij fotografisch werk en daarom is ze in de eerste plaats gerangschikt naar fotografische helderheden. Het verschil met de visuele is echter niet zo groot, dat die reeks ook niet bruikbaar zou kunnen zijn om een visuele kijker mee te testen.

Het werk zelf is eenvoudig genoeg. Eerst zoekt men de zwak-

ste zonder kijker zichtbare ster. Laten we eens aannemen, dat dit bijvoorbeeld no. 4 is, dus $5^m.58$. Daarna gaan we met onze kijker na of we 5 kunnen zien, vervolgens zoeken we 7 op, dan 6, daarna 10. Zo gaan we door met 11, 13, 17, 20, 14, 16, 23, 18, 19, 21, 26 enz. Is de zwakste nog zichtbare ster bijvoorbeeld 21, dus $9^m.82$ dan is de lichtwinst van de kijker dus: 9.82 — 5.58 = 4.24. Het beste doet men een dergelijke waarneming op een aantal heldere maneschijnloze avonden te herhalen en de resultaten te middelen om de juiste lichtwinst te verkrijgen.

Wanneer het gebied om de poolster door bijzondere omstandigheden (bijvoorbeeld in de weg staande daken, huizen of bomen) niet vanuit uw waarnemingspost is te zien, dan is het mogelijk de lichtwinst ook te bepalen met behulp van de Pleiaden. In hoofdstuk VII, waar iets meer over sterrenhopen wordt verteld, vindt u een kaartje van de Pleiaden, ook wel het Zevengesternte genoemd, waar bij een aantal sterren de visuele helderheden in tienden van magnituden (zonder vermelding van het decimaalteken) zijn aangegeven (fig. 54). Ook hiermee kan men een serie waarnemingen verrichten om de lichtwinst van het instrument te vinden. Zo'n sterrenhoop is makkelijk te vinden, maar staat niet het hele jaar door 's avonds aan de hemel.

Wanneer een kijker lang niet de theoretisch aangegeven lichtwinst bereikt, wordt dit waarschijnlijk veroorzaakt, doordat er in de kijkerbuis diafragma's opzettelijk of toevallig verkeerd zijn geplaatst, die een deel van het invallende licht onderscheppen, waardoor men niet van de volle opening van het objectief profiteert. Neem het objectief van de kijkerbuis en inspecteer die. Indien de diafragma's bij vergissing verkeerd zijn geplaatst is het mogelijk ze te verwijderen en de lichtwinst opnieuw te bepalen. Verzuim nu echter niet om een torenspits of schoorsteen in de verte of indien mogelijk de maan te bekijken. Het kan namelijk ook zijn, dat de diafragma's geplaatst waren om de randstralen van het objectief af te schermen, zodat er nu na hun verwijdering een vertekend en niet scherp beeld ontstaat. Het objectief is dan van slechte kwaliteit en alleen met de diafragma's te gebruiken, maar niet van zo'n grote waarde als haar diameter suggereert. Blijft het beeld scherp en duidelijk, dan waren de diafragma's per vergissing verkeerd geplaatst en dan zal de lichtwinst wel toenemen.

Testen met dubbelsterren

In hoofdstuk III zijn de dubbelsterren ter sprake gekomen, waarvan reeds zonder kijker enkele paren aan de hemel zijn te vinden. Met een kijker blijkt een groot aantal sterren bij nadere beschouwing te bestaan uit twee en in sommige gevallen zelfs drie of meer componenten. Dikwijls staan die afzonderlijke componenten zeer dicht bij elkaar en vaak verschillen ze ook in helderheid. Als ze even helder zijn, kan men ze slechts afzonderlijk zien tot een bepaalde grens, die afhangt van de diameter van het objectief. Natuurlijk speelt ook de kwaliteit van het objectief een rol en daarom vormen nauwe dubbelsterren een ideaal onderwerp, waarmee we een objectief en dus een kijker kunnen inspecteren.

In het volgende lijstje is het theoretisch scheidend vermogen opgegeven voor verschillende objectiefdiameters:

diameter	*oplossend vermogen*
	"
3 cm	3.8
4	2.85
5	2.28
6	1.90
8	1.43
10	1.14
15	0.76

De getallen in het lijstje zijn berekend met een door Dawes gegeven formule. Deze geldt echter alleen als de componenten ongeveer even helder zijn en merkwaardigerwijze van omstreeks de zesde magnitude. Het blijkt dat zwakkere paren of systemen waarvan de componenten sterk in helderheid verschillen niet kunnen worden gesplitst, zelfs als ze aanzienlijk verder uit elkaar staan als bovenstaande grens. Een Amerikaanse waarnemer O'Byrne heeft gevonden, dat de belangrijkste factor het helderheidsverschil is tussen de zwakste component van het dubbelsterrenpaar en de zwakste met de kijker zichtbare ster.

Later vond Peterson, dat het theoretisch oplossend vermogen alleen kan worden onderzocht voor dubbelsterren, waarvan de

zwakste van het paar ongeveer 2.5 magnitude helderder is dan de zwakste zichtbare ster. Het is dus van belang ons te beperken tot heldere paren, waarvan de componenten niet te veel verschillen.

Ook dit is echter niet zo eenvoudig. Een groot aantal paren, waarvan de componenten dicht genoeg bijeen staan om in aanmerking te kunnen komen, bestaat uit twee sterren, die een baan beschrijven om een gemeenschappelijk zwaartepunt en daardoor verandert hun onderlinge afstand. Ontleent men de gegevens over deze paren dan ook aan vroegere publikaties, dan zijn ze niet meer „op to date". De hier volgende lijst zal ongetwijfeld ook aan dit euvel lijden, maar om daar enigszins aan tegemoet te komen is de afstand der componenten voor 1967 vermeld.

ster	rechte klimming 1950.0	declinatie	m_1	m_2	afstand in ″
α van Hercules	17ʰ12ᵐ	14°26′	3.5	3.5	4.6
ρ van Hercules	17 22	37 12	4.5	5.5	4.0
γ van de Leeuw	10 17	20 05	2.6	3.8	3.9
ε^1 van de Lier	18 43	39 37	4.6	6.3	2.84
1 van de Ram	1 47	22 02	6.2	7.4	2.78
Σ 2245	17 54	18 20	7.0	7.0	2.62
ε_2 van de Lier	18 43	39 34	4.9	5.2	2.43
ν van de Schorpioen	16 09	—19 21	7.0	8.0	2.13
Σ 2624	20 02	35 53	7.2	7.8	2.00
33 van Orion	5 29	3 15	6.0	7.3	1.93
Σ 1871	14 40	51 37	7.0	7.0	1.87
Σ 644	5 07	37 14	6.7	7.0	1.66
57 van de Kreeft	8 51	30 46	5.9	6.4	1.45
π van de Arend	19 46	11 41	6.0	6.8	1.40
Σ 2054	16 23	61 48	5.7	6.9	1.27
ζ van de Kreeft	8 09	17 48	5.0	5.7	1.12
OΣ 384	19 42	38 12	7.0	7.3	1.03
16 van het Vosje	20 00	24 48	5.8	6.2	0.86
51 van de Waterman	22 22	— 5 06	6.7	6.7	0.70
β 302	0 56	21 08	6.7	8.1	0.59

Niet al de boven vermelde sterren zijn op onze kaarten aangegeven. Om ze op te zoeken moet men dan gebruik maken van de coördinaten, rechte klimming en declinatie. Desondanks zal het niet altijd gemakkelijk zijn de bedoelde ster te vinden als

de kijker niet nauwkeurig is opgesteld en van verdeelde cirkels is voorzien. (Het gebruik daarvan wordt hieronder besproken). Meestal zal men moeten beschikken over een grote sterrenatlas, die ook de zwakkere sterren bevat (zie literatuurlijst). Verder moet men natuurlijk een nacht afwachten, waarin de atmosferische condities gunstig zijn en voldoende vergroting gebruiken. Voor de laatste wordt meestal geadviseerd twintig keer de diameter van het objectief te kiezen.

Een dubbelster vlak bij de theoretische grens van het objectief moet er uit zien als twee elkaar rakende schijfjes. Paren, die wijder uiteen staan, zijn duidelijk te scheiden in twee aparte sterbeeldjes, terwijl zij, die nog dichter opeen staan, misschien nog een enigszins langgerekte vorm kunnen vertonen, maar vaak ook niet van een cirkel zijn te onderscheiden. Natuurlijk zal de grens waarbij men twee sterschijfjes ziet raken in de eerste plaats afhangen van de onrust van de lucht, dus van de seeing, zoals we die in het vorige hoofdstuk hebben genoemd, bij een bepaald instrument. Het vaststellen van die grens is dus tevens een methode om die seeing precies te bepalen. Men stelt een rijtje dubbelsterren op met afnemende afstand en tracht ze te splitsen. Zo vindt men de waarde van het oplossend vermogen op het moment van waarneming en daaruit kan men de seeing in getalmaat vinden. Voor ieder instrument zal dit lijstje natuurlijk verschillend zijn, omdat het zal afhangen van de diameter van het objectief.[1]

Het gebruik van verdeelde cirkels

Een parallactisch opgestelde kijker zal in vele gevallen voorzien zijn van verdeelde cirkels. Deze bevinden zich op beide assen en stellen de waarnemer in staat op een bepaald object aan de hemel in te stellen, dat hij niet ziet, maar waarvan hij de coördinaten (rechte klimming en declinatie) heeft opgezocht.

De uuras van de kijker moet zo opgesteld staan, dat die naar de pool wijst en de cirkel daarop heet de uurcirkel, omdat men er de uren op afleest. Meestal is zij verdeeld in twee keer twaalf uur, terwijl de uren ieder soms nog onderverdeeld zijn in ~~tienden~~ delen van (10) minuten. Als de kijker precies naar het zuiden

[1] Een uitgewerkt voorbeeld vindt men in *Sky and Telescope* 17, 449, 1958.

wijst, dus in de meridiaan staat, moet men op de uurcirkel 0 uur kunnen aflezen. Bij bepaalde koopkijkers wordt die cirkel niet vast, maar los afgeleverd en zij moet dan nog worden vastgezet. Daarvoor gaat men op de volgende wijze te werk:

Bereken eerst de sterrentijd voor middernacht (0^h) voor de eerste de beste bruikbare heldere avond met behulp van de *Sterrengids*. Denk er om, dat de daar opgegeven sterrentijd voor Greenwich geldt en dat we de echte locale sterrentijd nodig hebben, die men verkrijgt door bij de sterrentijd uit de gids nog de oosterlengte van uw waarnemingsplaats op te tellen. Deze kunt u vinden in een atlas met voor ons doel voldoende nauwkeurigheid. Zoek dan op de sterrenkaart een heldere ster op, die in de loop van die avond gaat culmineren en lees bij benadering het juiste tijdstip af van die culminatie. De volgende sterren zullen beslist wel een bruikbaar exemplaar bevatten:

ster		rechte klimming	ster		rechte klimming
α	van Andromeda	0^h06^m	β	van Leeuw	11^h47^m
α	van Ram	2 05	ε	van Maagd	13 00
α	van Stier	4 34	α	van Boötes	14 14
γ	van Tweelingen	6 35	β	van Hercules	16 28
β	van Tweelingen	7 43	α	van Arend	19 49
α	van Leeuw	10 06	ε	van Pegasus	21 42

Trek van de rechte klimming van de ster, die in aanmerking komt de sterrentijd van middernacht af en we hebben op ongeveer een minuut na (of minder) het tijdstip, waarop de ster culmineert. Hoe dichter dit bij middernacht ligt des te nauwkeuriger is ons antwoord. Als de aftrekking niet mogelijk is, moet de rechte klimming eerst met 24^h worden vermeerderd.

Vergelijk nu uw horloge met een radiotijdsein zo dicht mogelijk bij het ogenblik van meridiaandoorgang en stel de kijker op de uitgekozen ster in enkele minuten voor dat moment. Volg de ster tot het juiste ogenblik, waarop zij in het zuiden staat met uw grootste vergroting en zorg dat ze midden in het gezichtsveld blijft. Op het moment van culminatie klemt men de kijker en stelt dan de uurcirkel op precies 0 uur en schroeft haar vast.

Enkele uren later is de ster niet meer in het zuiden, maar zij heeft een deel van haar dagelijkse baan doorlopen in westelijke

richting. Draait men nu de kijker vanuit het zuiden totdat ze weer op de ster is gericht, dan lezen we op de uurcirkel af hoe lang het is geleden, dat de ster culmineerde. Is dat bijvoorbeeld 3^h15^m dan zegt men dat de *uurhoek* van de ster (t) = 3^h15^m. Men rekent de uurhoek dus vanaf het zuiden in westelijke richting, vaak door het noorden en oosten heen tot 24^h. Vlak voor de culminatie heeft een ster dus bijvoorbeeld een $t = 23^h58^m$, maar in dat geval spreekt men ook van $t = -0^h02^m$, zodat t voor sterren ten oosten van de meridiaan ook wel negatief wordt geteld van 0^h tot -12^h.

Voor het instellen van de kijker op een bepaald object gaan we nu eerst de sterrentijd berekenen voor onze waarnemingspost voor het ogenblik, waarop we wensen waar te nemen. Uit de *Sterrengids* dus de Greenwichsterrentijd, dan de locale sterrentijd voor middernacht en dan het aantal uren er af of er bij, dat nodig is om het juiste tijdstip te bereiken. Daar trekken we de rechte klimming van het gezochte hemellichaam van af (na die sterrentijd zonodig met 24^h te hebben vermeerderd) en de uitkomst is de uurhoek. Moeten we de waarneming onderbreken door bewolking of moeten we later beginnen, dan kunnen we de uurhoek gewoon met het tijdsverschil vermeerderen. We stellen op de uurcirkel van de kijker de gezochte uurhoek in en op de andere cirkel, de declinatiecirkel de bekende declinatie en dan moet de kijker op het gezochte object gericht staan als we geen vergissingen hebben gemaakt. Oefen vooral eerst met de zon of de maan!

Met deze methode is het mogelijk de planeet Venus en als uw kijker sterk genoeg is ook Mercurius overdag te vinden. Bovendien is het bezit van een kijker met verdeelde cirkels alleen al een reden om die cirkels ook te leren gebruiken. Is de kijker er niet van voorzien, dan is het mogelijk ze zelf te maken. Daarvoor neemt men een goede gradenboog, fotografeert die en vergroot het negatief sterk bij het afdrukken om zo de gewenste verdeling te krijgen.

Bij een azimuthaal opgestelde kijker kan men met verdeelde cirkels niet veel uitrichten, tenzij men eerst de uurhoek en de declinatie omrekent in hoogte en azimuth. Dit kan vlug en eenvoudig worden gedaan langs grafische weg (fig. 16). In een grafiek leest men direct af welke A en h bij een bepaalde declinatie en uurhoek behoren en kan dan de kijker in de juiste

richting stellen. Bij de tegenwoordig in gebruik zijnde reusachtige radiotelescopen, waar uit stabiliteitsoverwegingen vaak aan een azimuthale opstelling boven een parallactische de voorkeur moet worden gegeven, moet men ook op deze wijze te werk gaan.

Het gezichtsveld van de oculairen

Iedere waarnemer zal het belangrijk vinden om te weten hoe groot het veld van de hemel is, dat hij met de verschillende oculairen, die bij zijn kijker behoren, kan overzien. Een eenvoudige methode daarvoor is met een stopwatch de tijd op te nemen, die een ster nodig heeft om de volledige middellijn van het gezichtsveld te doorlopen. Deze tijd meet men in seconden en daar is het gezichtsveld in boog~~seconden~~minuten eenvoudig uit te berekenen met een formule[1]. In die formule staat de declinatie van de ster en om deze te vermijden, kan men eenvoudig een ster nemen, waarvan de declinatie 0° bedraagt, dus een ster op of vlak bij de hemelequator. Het volgende lijstje bevat een aantal heldere sterren, die daarvoor geschikt zijn:

α van de Walvis; δ van Orion; Procyon; ζ van de Maagd; δ van Ophiuchus; θ van de Arend en α van de Waterman.

Wanneer men gebruikt maakt van een van deze sterren, behoeft men alleen de doorgangstijd in seconden te meten en deze door 4 te delen om de diameter van het gezichtsveld te vinden. Dit is niet voor ieder oculair even groot, zodat men het voor al zijn oculairen moet doen. Herhaal zo'n meting enkele keren en middel de gevonden resultaten. Meestal zal blijken, dat ze wel wat uiteen lopen, omdat het niet gemakkelijk is ervoor te zorgen, dat de ster precies de volle middellijn van het veld doorloopt.

Er bestaat een tweede iets gecompliceerdere methode, die echter het voordeel heeft, dat de zon, die men nu uitkiest, niet precies een volle middellijn behoeft te doorlopen, maar ook een grote koorde mag afleggen. Het is dan echter wel nodig, dat uw kijker voorzien is van een goed en betrouwbaar zonneglas, zodat men geen risico loopt bij het direct kijken naar de zon zijn gezichtsvermogen te verliezen.

[1] $D = \frac{1}{4}\, t \cos \delta$.

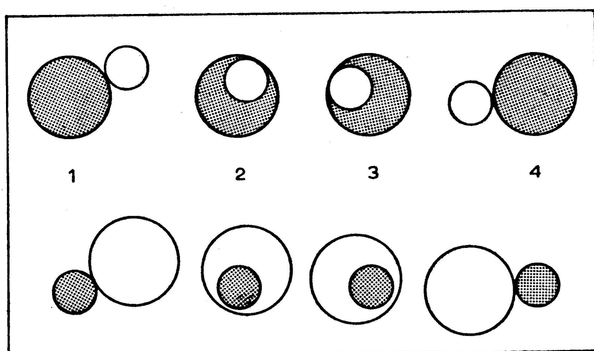


Fig. 35. Als de zon het gezichtsveld van de kijker doorloopt en men wil daarmee de diameter van het veld bepalen, moet men de momenten 1, 2, 3 en 4 vastleggen van resp. eerste, tweede, derde en vierde contact.

Laat nu de zon door het veld lopen. Hierbij zijn twee gevallen te onderscheiden: a. de zon is kleiner dan het gezichtsveld (fig. 35 bovenste deel) en b. de zon is groter (dezelfde figuur onderste deel). Meet in alle vier gevallen het tijdstip 1. van eerste contact, 2. van eerste inwendige raking, 3. van tweede inwendige raking en 4. van laatste contact. Trek de eerste tijd van de vierde af en de tweede van de derde en bereken som en verschil van de resultaten. Die antwoorden moeten met elkaar vermenigvuldigd worden en met een getal, dat in de loop van het jaar verandert en dat is af te lezen in het volgende tabelletje (het is $\cos^2 \delta_0$, waar δ_0 de declinatie van de zon voorstelt):

jan. 1	0.85	mei 1	0.93	sep. 8	1.00
jan. 11	0.87	mei 11	0.91	sep. 18	1.00
jan. 21	0.89	mei 21	0.89	sep. 28	1.00
jan. 31	0.91	mei 31	0.87	oct. 8	1.00
feb. 10	0.94	juni 10	0.85	oct. 18	0.99
feb. 20	0.97	juni 20	0.84	oct. 28	0.95
mrt. 2	0.99	juni 30	0.85	nov. 7	0.93
mrt. 12	1.00	juli 10	0.86	nov. 17	0.91
mrt. 22	1.00	juli 20	0.88	nov. 27	0.89
apr. 1	1.00	juli 30	0.90	dec. 7	0.86
apr. 11	0.99	aug. 9	0.93	dec. 17	0.85
apr. 21	0.97	aug. 19	0.95	dec. 27	0.85
		aug. 29	0.98		

Daarna deelt men door 128 en dan nog eens door de halve diameter van de zon uitgedrukt in boogminuten, die te vinden is in de *Sterrengids*. De bewerking is dus iets ingewikkelder[1], maar het resultaat is dan ook veel betrouwbaarder. Het is natuurlijk ook mogelijk deze waarnemingen met de maan uit te voeren als men niet over een goed zonneglas beschikt, maar dan moet men zich uit een Almanak de nodige gegevens verschaffen.

Het keuren van een te koop aangeboden kijker

Tenslotte willen we het nog even hebben over de keuring van instrumenten, omdat dit het best in het kader van dit hoofdstuk past. We zullen ons beperken tot enkele van de meest essentiële punten, omdat er over dit onderwerp een boek zou zijn te vullen.

1. Stel in op een heldere ster en nu moet er een rond beeldje ontstaan met daaromheen een of twee zwakke buigingsringen. Zijn die ringen niet concentrisch of liggen ze helemaal aan een kant, dan is het objectief niet juist geplaatst in de kijkerbuis. Dit is meeestal te verhelpen. Is het beeldje zelf niet volmaakt rond dan zit het objectief gekneld en staat onder spanning. Voordat we echter een objectief afkeuren moeten we niet vergeten eerst ook ons hoofd te draaien, om te zien of de fout som meedraait met ons oog, want dan zit de foutenbron niet in de kijkerlens, maar in onze bril- of ooglens.

2. Draai het oculair nu in haar vatting. Er mogen nu geen reflexbeelden ontstaan, terwijl het sterbeeldje op haar plaats moet blijven.

3. Controleer of het sterbeeldje geen kleuren vertoont. Denk er om, dat de waar te nemen ster niet te laag mag staan, want dan ontstaat er kleurschifting in de dampkring. Zijn er toch kleuren, dan kan er zowel een fout in het objectief als in het oculair schuilen. Dit is uit te vinden, door beide te draaien en na te gaan met welke draaiing de fout meegaat. Als de fout in het objectief blijkt te zitten en als dit uit twee los van elkaar gelegen lenzen bestaat, dan zijn ze niet goed op elkaar geplaatst. Dit is misschien te verhelpen.

[1] $D = (T + t)\,(T - t)\cos^2\delta : 128\,S.$

4. Tracht de lichtwinst van de kijker te bepalen, zodat u daarna een tamelijk goede indruk hebt van de waarde van het instrument.

De keuring van een spiegelkijker verloopt ongeveer net zo, alleen ontbreekt de kleurschifting bij de hoofdspiegel. Is deze toch aanwezig, dan is het oculair de schuldige. Bovendien vertoont het buigingsbeeldje van een ster nu een aantal uitsteeksels, veroorzaakt door de armen in de kijkerbuis, waaraan het hulpspiegeltje is bevestigd. Op foto's genomen met grote spiegelkijkers ziet men die duidelijk bij de heldere sterren. Dit behoeft u dus niet te verontrusten.

Vergeet niet bij iedere kijker naast het objectief ook de stabiliteit en de aard van de opstelling te beoordelen. Zij bepalen de helft van de waarde van het instrument.

VII. HET BESPIEDEN DER PLANETEN

De wereld van de maan — Bijzondere objecten op de maan — Helderheden en kleuren op de maan — Hoogte en bouw van de maanbergen — De raadselachtige Venus — Tekeningen van Mars — Wolken, sneeuw en plantengroei op Mars? — De reuzenplaneet Jupiter — Het spel der Jupitermanen — De planeet met of zonder ring — Titan de zichtbare, Rhea de zwakke, Japetus de raadselachtige — Naar de grenzen van het zonnestelsel — De kleine planeten.

De wereld van de maan

De maan is nog altijd het mooiste object, dat we visueel door een kijker kunnen waarnemen. Het is de enige wereld in het heelal naast onze eigen planeet, waarvan we direct de bergen en de dalen in een woeste grootsheid kunnen bewonderen. Zowel voor de met sterrenkunde volkomen onbekende belangstellende leek, als voor de beginnende of verder gevorderde amateur blijft onze satelliet het meest dankbaar waar te nemen doel. Sinds Galileï de maan voor het eerst door zijn kijker bewonderde is zij door generaties astronomen geregeld gadegeslagen en bestudeerd.

In de eerste eeuwen na het uitvinden van de sterrenkijker is men hoofdzakelijk bezig geweest met het tekenen van alle mogelijke details, die men op het maanoppervlak kan onderscheiden. Voornamelijk zijn er vijf soorten objecten op de maan te vinden, de vlakten, de kraters, de stralen, enkele gebergten en de rillen. Op een der eerste maankaarten, die van Hevelius, zijn een aantal daarvan naar aardse bergen en landschappen genoemd, maar deze nomenclatuur heeft niet veel ingang gevonden. Dit was veel meer het geval met die van Riccioli, die enkele jaren later een maankaart publiceerde, waarop hij de kraters naar aardse geleerden noemde, zonder zich zelf te vergeten, en dit is tot heden zo gebleven en zelfs door een besluit van de Internationale Astronomische Unie gelegaliseerd. Sinds die tijd van Riccioli zijn er zeer veel kaarten van de maan verschenen en langzamerhand zijn ze steeds groter en gedetailleerder geworden, zodat er voor een gewone amateur op de

maan eigenlijk geen nieuwe bijzonderheden meer te ontdekken zijn, althans niet met een kleine kijker.

Toch moet u zelf eens proberen een tekening te maken van een maankrater, zoals die te zien is in de kijker, want het zal tot gevolg hebben, dat u beslist met zeer veel respect zult gaan opzien tegen die vlijtige onverschrokken waarnemers uit de zeventiende, achttiende en negentiende eeuw, die ononderbroken iedere heldere nacht met maanlicht het landschap van die verre geheimzinnige wereld bestudeerden en gezeten of gelegen in de meest onmogelijke houdingen achter hun kijkers bij het schamele licht van een kaarsvlammetje beurtelings turend door hun oculair of schetsend op het papier, zoveel details van dat maanlandschap in kaart wisten te brengen en nauwkeurig konden natekenen. Al die situatietekeningen van bepaalde ogenblikken verenigden ze later tot een grote overzichtskaart van de hele zichtbare maanhelft, die de toestand daar ter plaatse tijdens hun waarnemingsperiode zo getrouw mogelijk weergeeft. In onze tijd is zulk werk nog bijna even vermoeiend; ook wij moeten ons in allerlei houdingen achter de kijker opstellen, maar voor de verlichting kan een zaklantaarn met een rood glaasje een wat moderner hulpmiddel vormen.

Wat voor details we met een eenvoudige kijker op de maan te zien krijgen, kunnen we ons het beste voorstellen aan de hand van een foto, zoals er ook in dit boek een is opgenomen. Het is in het begin altijd moeilijk om zich het maanlandschap voor te stellen, omdat we het van boven af waarnemen, zoals dat op aarde bij een luchtfoto het geval is. De bergen en de heuvels kunnen we alleen herkennen aan de schaduwen, die ze werpen. Heel duidelijk zien we die dan ook vlak bij de grens van licht en donker, die terminator wordt genoemd. Deze begrenst de strook van de maan, waar de zon juist bezig is op of onder te gaan, zodat die zon dan zeer laag staat, waardoor alle verhevenheden lange schaduwen werpen. Sommige bergtoppen weerkaatsen de daar nog juist zichtbare zonnestraling, terwijl de omringende vlakte in diepe duisternis is gehuld. Een beginnende amateur doet het beste eerst de strook bij de terminator waar te nemen op iedere geschikte heldere avond, zodat hij langzamerhand bekend raakt met de gehele zichtbare maanhelft. Later kan men dan ook bij hogere zonnestand bepaalde gebieden bekijken en proberen reeds bekende details te onder-

scheiden. Begin dus nooit bij volle maan waar te nemen, maar allereerst bij een nog niet volkomen ronde maan, liefst zo omstreeks eerste kwartier (in de avond) of laatste kwartier (vroeg in de morgen).

De maan vertoont met het blote oog reeds een aantal donkere vlekken. Ook in een kijker lijken deze gebieden donkerder dan hun omgeving en dit zijn de vlakten, die door de eerste waarnemers ten onrechte zeeën werden genoemd, waaraan hun Latijnse voornaam Mare nog herinnert. Zij schijnen voor een groot deel te liggen op het noordelijk halfrond van de naar ons toegekeerde maanhelft.

Het overige oppervlak ligt hoger en deze hooglanden zijn voor een groot deel bezaaid met een enorm groot aantal allemaal cirkelvormige bergstructuren, die de eerste waarnemers kraters hebben genoemd, omdat een vulkanische krater de enige bergvorm op aarde is, die een ronde opening vertoont. Overigens is met die naam natuurlijk helemaal niet gezegd, dat zij inderdaad van vulkanische oorsprong zouden moeten zijn. Kraters zijn er in allerlei formaat te zien, in zeer groten getale en ook in de Maria bevinden er zich een groot aantal, hoewel minder dan op de hoogvlakten. Naar hun grootte kan men ze klassificeren in drie groepen, de walvlakten, die een diameter van meer dan 100 km hebben, de echte kraters en de zogenaamde kraterputjes, die slechts een doorsnede hebben van 20 km of minder. Het aantal kraters schijnt samen te hangen met de grootte, hoe kleiner krater, hoe meer er van zijn.

Een aantal van deze kraters vertoont stralen. Dit is bijna het enige verschijnsel op de maan, dat we het beste bij volle maan kunnen waarnemen, want dan komen die strepen het duidelijkst tevoorschijn. Vooral het stralenstelsel van de krater Tycho is zeer vermaard, maar ook Copernicus, Proclus, Aristarchus en Kepler zijn van stralen voorzien. Enkele dagen voor volle maan worden ze pas duidelijk zichtbaar en na de volle fase neemt hun helderheid weer snel af. Wanneer ze in de strook vlak bij de terminator liggen, werpen ze echter geen schaduwen, zodat het geen bergruggen zijn. De juiste verklaring van zo'n stralenstelsel is nog een groot vraagstuk. Het is mogelijk, dat door de krater weggeslingerd materiaal zich uitstrekt langs de stralen, omdat de meeste inderdaad schijnen te komen uit het middelpunt van de krater, waar ze bij horen. Er zijn echter ook stralen,

die bij verlenging langs de krater lopen en dat kan men alleen verklaren door aan te nemen, dat de asdraaiing van de maan tijdens het ontstaan van het stralenstelsel een verschuiving van een deel der stralen heeft bewerkstelligd. De aard van de stralen is nog steeds raadselachtig en stelt de astronomen voor een aantal onopgeloste problemen.

De rillen zijn groeven of spleten, die zich over tientallen kilometers van het maanoppervlak uitstrekken. Waarschijnlijk zijn ze ontstaan door bewegingen van de maankorst. Een gedetailleerde studie er van zou ongetwijfeld nog allerlei interessante dingen kunnen opleveren. Ook op dit terrein is er voor de gevorderde amateur met een niet te klein instrument dankbaar werk te doen.

Op de maan zijn een aantal gebergten, die echter niet veel lijken op de aardse berglanden, waar naar ze genoemd zijn. De Alpen, de Kaukasus, de Apennijnen en de Karpathen, bevinden zich rondom de Mare Imbrium, een der grootste vlakten op het noord-oostelijk deel van de maan. Die bergen bestaan hoofdzakelijk uit lange rijen spitse toppen, die in een merkwaardige radiële structuur gerangschikt liggen.

Naast de vijf genoemde soorten maanobjecten zijn er nog een aantal moeilijker details, zoals de merkwaardige donkere en lichte vlekken of de koepelvormige heuvels, die sterk aan onze aardse vulkanen doen denken. De amateur, die beschikt over een iets grotere kijker kan in het bestuderen van de talloze bijzonderheden van het maanoppervlak een taak voor zijn gehele leven vinden, terwijl hij in de speciale literatuur, die er op dit gebied bestaat voldoende stof voor onderzoek zal tegenkomen.

Beschikken we slechts over een kleine kijker, dan is het in ieder geval de moeite waard om terug te keren tot de kraters. Suggereert de naam reeds een analogie met de aardse vulkanen, toch is men nog lang niet overtuigd van het feit, dat ze door op de maan werkzame tectonische krachten zouden zijn ontstaan. Er is een groot aantal astronomen, dat aanneemt, dat de kraters ontstaan zouden zijn door het inslaan in de maankorst van reusachtige voorwerpen, gelijkende op de nu nog aan ons bekende meteorieten, waardoor geweldige explosies zouden zijn ontstaan, waarvan de kraterkuilen de restanten zouden zijn. Hun overeenkomst met bomtrechters uit de laatste wereld-

oorlog vormt een treffende bevestiging van deze hypothese. Anderszijds zijn er een groot aantal argumenten, die op een mogelijke vulkanische origine wijzen. De merkwaardige waarneming van de Russische astronoom Kosyrev op de Krim sterrenwacht, die in het najaar van 1958 het spectrum van een uitbarsting in de krater Alphonsus beweert te hebben opgenomen, heeft de voorstanders van de vulkanische ontstaanswijze weer een hart onder de riem gestoken. Terwijl het voor de beroepsastronoom onmogelijk is op dit moment te beslissen tussen beide mogelijkheden, zodat de amateur dit zal moeten aanvaarden, kan de laatste toch juist op dit gebied medewerken aan een oplossing van het vraagstuk. Er zijn namelijk verscheidene kraters op de maan, die een nauwkeurige studie verdienen, omdat ze min of meer als verdacht te boek staan.

Bijzondere objecten op de maan

Het is onmogelijk om in het bestek van een boek, zoals dit, alle merkwaardige punten van het maanoppervlak te bespreken. De studie er van is buitengewoon belangwekkend; onbewust sluimert diep achter haar het denkbeeld van de mogelijkheid sporen van veranderingen, hoe gering dan ook, op onze naburige begeleider te ontdekken. Al hebben we reeds lang de hoop opgegeven

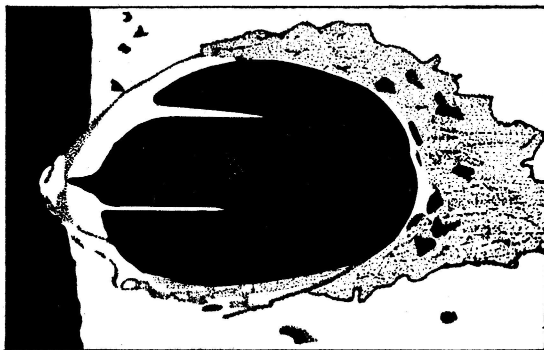


Fig. 36. Zonsopkomst boven de krater Plato in het Alpengebergte op de maan. De kraterbodem is nog donker, maar door twee spleten in de wal schijnt de zon reeds naar binnen. Een voorbeeld van een door een amateur gemaakte tekening.

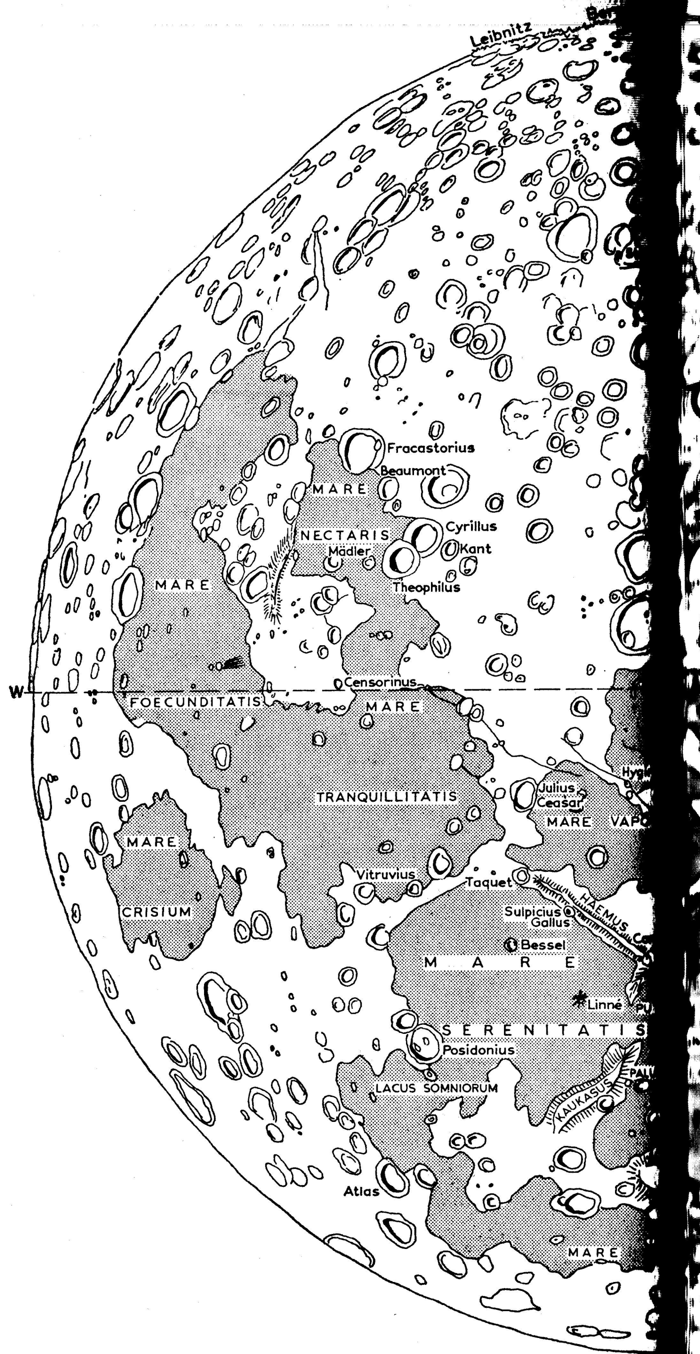
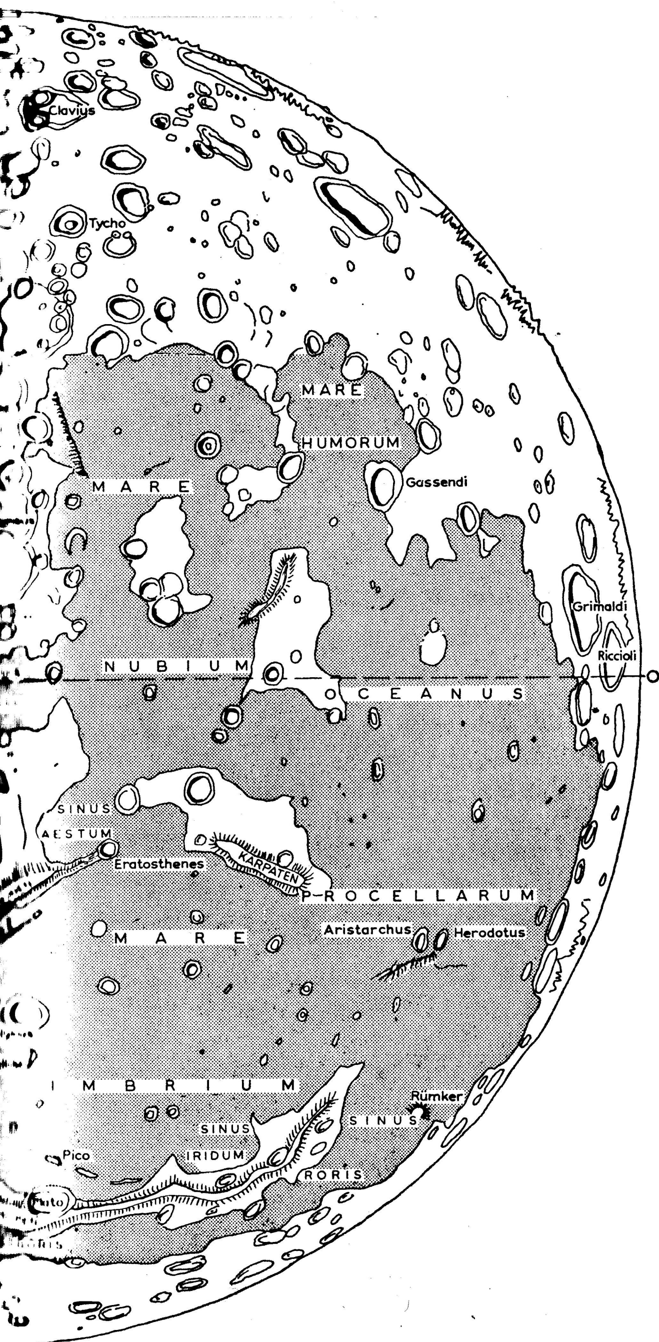


Fig. 37. Een overzichtskaart van de voor ons zichtbare maanh



met de voornaamste vlakten en enkele interessante kraters.

om leven op de maan te ontdekken, omdat we weten dat er geen lucht is en geen water, toch hopen we altijd nog op deze eenzame uitgestorven bol sporen te ontdekken van bewegingen in de rotsen, uitbarstingen uit haar diepe ingewand, die ons het bewijs zullen leveren, dat die woeste doodsheid slechts een schijndood is, omdat diep in die maan nog ongekende vulkanische krachten werkzaam kunnen zijn, die lava en misschien ook gassen naar de oppervlakte stuwen, waardoor het uiterlijk van het oppervlak verandert. Naar die veranderingen speuren de waarnemers en de schone droom een der eersten te zullen zijn, die een ongekende vulkanische uitbarsting op de maan zou waarnemen, maakt hun werk tot een nooit teleurstellend genoegen.

Velen van hen hebben in de loop der tijden gemeend succes te hebben gehad. Zij ontdekten een kratertje, dat verdwenen was en waarvoor een witte vlek in de plaats was gekomen, zoals de directeur van de sterrenwacht van Athene in de vorige eeuw bij het kratertje Linné in de Mare Serenitatis. Anderen ontdekten een 11 km brede krater, die op sommige tijden geen binnenschaduwen vertoonde en op andere wel. Zou omhoogborrelende lava wellicht het binnenste van die krater af en toe tot de rand toe vullen? Het is het centrale kratertje A binnen in de grote krater Posidonius, dat ons voor dit probleem stelt. Weer anderen zagen Plato, de reusachtige donkere krater ten noorden van de Mare Imbrium, midden in het Alpen-gebergte vlak voor zonsopkomst gehuld in een grijze nevel, terwijl twee lange lichttongen gedurende twee uur ongeveer een dag na eerste kwartier bijna over de volle lengte van de krater zichtbaar waren. Ongetwijfeld schijnt in dit geval de zon juist tussen twee spleten in de bergkam door (fig. 36), die de krater aan de rechterzijde begrenst en een lange smalle strook zonlicht verlicht een gedeelte van de nog donkere kraterbodem. Het zijn dus niet altijd reële veranderingen, die zich op de maan voordoen; in de meeste gevallen speelt de verandering van de belichting de waarnemer parten, waardoor hij meent een verandering van de bodem te ontdekken, die bij nader inzien volkomen fictief blijkt te zijn. Steeds klimt de zon immers hoger of zij daalt lager boven een gedeelte van het maanlandschap, terwijl door de schommelende bewegingen, die de maan ten opzichte van de aarde uitvoert (de libraties) de ligging van het

verlichte gedeelte ten opzichte van de aardse waarnemer ook voortdurend verandert. Het is dus zeer gevaarlijk voorbarige conclusies te trekken, zoals de Amerikaanse amateur John O'Neill deed op 29 juli 1953, toen hij wereldkundig maakte, dat hij in de Mare Crisium, helemaal op de westelijke rand van de maan een brug had ontdekt. Volgens hem schijnt de zon in de vlakte onder de rotsbrug door. Hij maakte er zelfs een foto van met een 12-duims kijker. Anderen, die zijn ontdekking probeerden te controleren, slaagden er echter niet in de brug ook te zien en het lijkt wel, dat hij een beetje voorbarig is geweest, want het verschijnsel kan ook zeer eenvoudig worden verklaard door aan te nemen, dat er zich hier een pas bevindt in de bergwand, die de zee begrenst, terwijl de bodem in de Mare links er van omhoog loopt.

Mits dus met de nodige voorzichtigheid kan iedere amateur zich toeleggen op het regelmatig onderzoek van die kraters op de maan, waarvan men meent, dat er wel eens veranderingen of schijnbare variaties, in zijn waargenomen. In onze maankaart (fig. 37) zijn uitsluitend dergelijke bijzondere objecten opgenomen naast de namen van vlakten en gebergten. De maanamateur zal dus naast dit kaartje zeer zeker ook een grotere kaart van de maan moeten aanschaffen, waarop de namen van alle beroemde objecten zijn aangegeven. De meest moderne kaarten op dit gebied (bijv. de Falk kaart) zijn in reliëftekening uitgevoerd, zodat we naast de positie der objecten ook hun vorm kunnen zien op de kaart. Om een bevredigende serie waarnemingen te krijgen beperke men zich tot een drie- of viertal van de aangegeven kraters, maar die moeten we dan ook bij iedere geschikte gelegenheid (en dat zijn er niet zo erg veel in onze lage landen met hun vrij regenachtig klimaat!) trachten waar te nemen en te tekenen. In de eerste tijd alleen als ze dicht bij de terminator liggen, maar later ook wanneer de zon er hoger staat. Van enkele bijzondere objecten volgen nu nog enige opmerkingen, de andere zijn des te interessanter, omdat men niet weet wat er voor merkwaardigs te ontdekken valt.

Een heel interessant landschap bevindt zich rondom de Mare Nectaris. Hier zijn een zestal objecten de moeite van een nader onderzoek waard. Ze zijn op figuur 38 met de nummers 1 tot 6 aangegeven. De vorm van nummer 1 is onzeker, de atlassen en

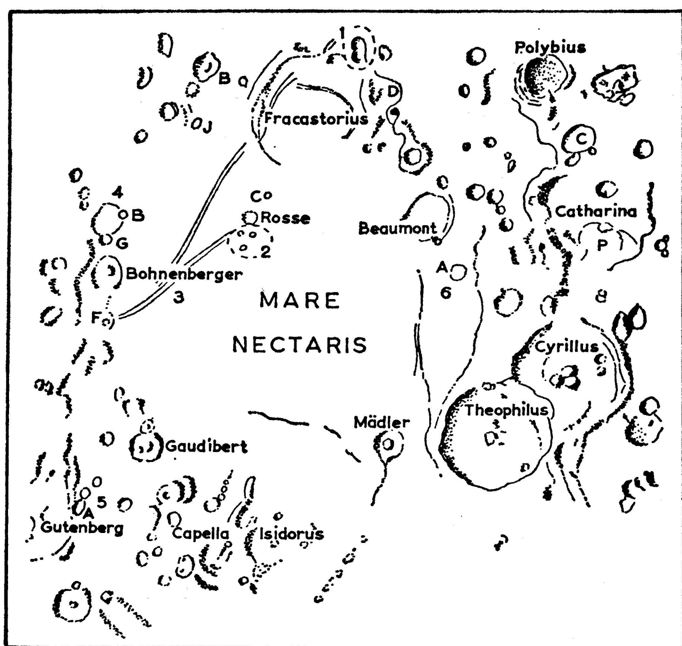


Fig. 38. In en om de Mare Nectaris bevinden zich enkele bijzondere objecten (nummers 1 tot en met 6), die een nadere bestudering door amateurs waard zijn.

de kaarten verschillen hierover van mening. Ten noorden van Rosse bevinden zich enkele zeer kleine kraterputjes, over het aantal is men het niet eens, drie of vier? Van Bohnenberger F loopt een ril naar Rosse. Over een tweede ril, die tot Fracastorius doorloopt heeft men echter geen zekerheid. Ten zuiden van Bohnenberger ligt het kratertje G midden in de wal van de grotere A (op de kaart is deze letter weggevallen). Bevindt er zich nog een tweede kratertje B op die wal?

Een merkwaardige krater is ook Posidonius (fig. 39), waarin zich twee kleinere kraters bevinden. De grootste A is soms zonder binnenschaduw maar de kleinere C schijnt zelfs wel eens geheel verdwenen te zijn, want er zijn waarnemers, die daar ter plaatse een heldere vlek zagen. Merkwaardig is ook de heldere vlek (A) in de grote krater Atlas (fig. 39), die variabel schijnt te zijn.

Het zou mogelijk zijn deze lijst nog een hele tijd voort te

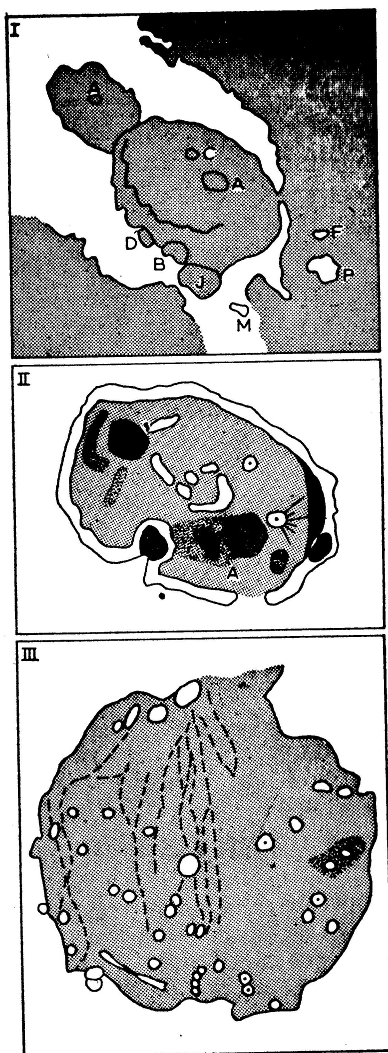


Fig. 39. Drie grote maankraters, waarin volgens sommige waarnemers veranderingen optreden: I Posidonius, waarin de kratertjes A en C schijnen te variëren; II Atlas, waarin zich een heldere veranderlijke vlek A bevindt en III Alphonsus, waarin Kosyrev een vulkanische uitbarsting meent te hebben waargenomen.

zetten. De laatste krater, die we nog aan de orde willen stellen is Alphonsus, die juist kortgeleden in het brandpunt van de belangstelling is komen te staan, omdat de Rus Kosyrev hier het eerste spectrum van een vulkanische uitbarsting beweert te hebben opgenomen, terwijl hij bovendien het centrale bergje midden in die grote walvlakte, dat de bron van de uitbarsting zou zijn geweest in een rood schijnsel verlicht zag. Ook dit gebied is een nadere bestudering ten volle waard (fig. 39).

Tijdens een maansverduistering is het ook wel interessant om een aantal van die bijzondere objecten waar te nemen en geregeld ieder half uur na te gaan of er zich ook veranderingen voordoen ter plaatse ten gevolge van de plotselinge intrede van een betrekkelijk onverwachte maannacht, die echter slechts kort duurt. Nadat het licht is teruggekeerd zouden er zich veranderingen kunnen hebben voorgedaan.

Helderheden en kleuren op de maan

De vakastronoom houdt zich zelden meer bezig met het tekenen van de visueel zichtbare details op het maanoppervlak. Het duurt immers jaren voor hij in staat is een volledige maankaart samen te stellen uit een met een groot instrument verkregen reeks waarnemingen. De fotografie is zijn machtige bondgenoot geworden en deze stelt hem in staat in enkele seconden met een der grootste kijkers ter wereld een opname te krijgen, waarop alles staat afgebeeld wat hij met een kleine kijker pas na lange tijd met tekeningen zou kunnen afbeelden. Weliswaar kan men door een zeer grote kijker visueel meer details zien en tekenen dan de scherpste foto vertoont, maar een opname op een plaat of een film heeft meer waarde dan alleen het op de juiste plaats en in de juiste vorm laten zien van alle zichtbare oppervlakte structuren. Een fotografische opname laat ons zien hoe de helderheden van de verschillende maanobjecten zijn, hoeveel licht zij op het moment der opname reflecteren, of een kraterbodem donker of helder is, een kenmerk dat samenhangt met de samenstelling van de bodem. Door de helderheid van een bepaald gedeelte van de maan, bijvoorbeeld een kraterbodem, bij verschillende maanfasen te meten, kan men conclusies trekken over de hoeveelheid licht, die het oppervlak in verschillende richtingen reflecteert en door dit te ver-

gelijken met in een laboratorium uitgevoerde metingen aan diverse aardse gesteenten, kan men trachten de samenstelling van de maan te weten te komen. Juist dit onderzoek heeft zeer merkwaardige resultaten opgeleverd.

Het is mogelijk om visueel de helderheid van bepaalde punten van het maanoppervlak te schatten op dezelfde wijze als men de helderheid van veranderlijke sterren schat. De eerste waarnemers, die zich hiermee actief bezig hielden stelden een lijstje samen van bepaalde punten van de maan, die zij als vergelijkingsobject gebruikten. Zij vergaten daarbij echter, dat deze objecten zelf ook van helderheid veranderen, waardoor hun methode niet veel succes heeft gehad. Nu echter uit fotografische opnamen het helderheidsverloop van een groot aantal punten van de maanschijf nauwkeurig bekend is, telt dit bezwaar niet meer omdat we de helderheidsvariatie van onze vergelijkingsobjecten in rekening kunnen brengen. Vooral bij de vroeger reeds genoemde bijzondere details zou een regelmatige schatting van de helderheid zeer waardevol zijn en dit soort waarneming kunnen we reeds met een zeer kleine kijker uitvoeren. De volgende vergelijkingsobjecten stel ik u voor te kiezen:

		m				m	
1. Aristarchus	—	3.50	15.2	5. Gassendi	—	2.94	9.1
2. Clavius	—	3.38	13.7	6. Autolycus	—	2.83	8.2
3. Cyrillus	—	3.14	11.0	7. Julius Caesar	—	2.70	7.3
4. Fracastorius	—	3.06	10.2	8. Plato	—	2.62	6.8

Op onze maankaart (fig. 37) zijn deze kraters uiteraard alle opgenomen. Achter de magnitude staat de hoeveelheid licht (in %), die zij reflecteren tijdens volle maan. Zoals u ziet is dit slechts weinig, de maan bestaat uit een gesteente dat in het algemeen zeer weinig licht reflecteert en dat waarschijnlijk buitengewoon poreus is, bezaaid met gaatjes, holen en spleten. Het heeft meer van een stuk hard geworden spons weg dan van een brok steen. Mogelijk is een deel van de holtes en de vlakke daar tussen gelegen gebieden bedekt met een fijn poeder, door verwering van de bodem onstaan. Weliswaar kan die verwering niet ontstaan zijn door de werking van water en wind, want die ontbreken op de maan, maar de grote verschillen in temperatuur tussen nacht en dag tezamen met het voortdurende inslaan

van meteorieten uit de wereldruimte zullen toch nog wel een oorzaak van verwering vormen. Men noemt de helderheid bij volle maan de normale albedo en deze is buitengewoon laag, lager dan van de ons bekende aardse gesteenten.

Niet bij iedere maanfase zijn alle in de lijst vermelde kraters zichtbaar. In zo'n geval zal men zich moeten beperken tot het gebruik van de wel verlichte vergelijkingsobjecten. Het is dan echter niet toegestaan de normale albedo waarde te gebruiken, maar we moeten dan rekening houden met het feit, dat de helderheid verandert. Die verandering is zeer merkwaardig, want het blijkt dat *alle* kraterbodems hun maximale helderheid bereiken bij volle maan. (Als we over de helderheid van een krater spreken bedoelen we natuurlijk de kraterbodem). De ligging van de krater op de maan doet weinig ter zake, deze bepaalt slechts de aard van de helderheidsvariatie. Alleen de stralenkraters bereiken hun maximale helderheid even na volle maan.

Ons oog is een zeer gevoelig instrument, dat echter niet gevoelig is voor helderheidsverhoudingen, maar voor helderheidsverschillen. Stel u drie kraters voor (denkbeeldige!), een zwakke, die 1% van het opvallende licht terugkaatst, een iets minder zwakke die 10% van de invallende straling reflecteert en een zeer heldere, die alles, dus 100% reflecteert. De laatste is 10 keer zo helder als de tweede, die op haar beurt weer 10 keer helderder dan de eerste is. Nu schat ons oog bij vergelijken van de zeer heldere met de matig zwakke krater hun verschil even groot als het verschil tussen de matig heldere en de allerzwakste. Het is net zo bij de sterren en daardoor is de merkwaardige schaal van magnituden ontstaan, die dus eigenlijk ook een schaal van intensiteitsverhoudingen is. Het is voor de visuele waarnemer daarom veel prettiger om met magnitudes te werken en daarom zijn deze ook vermeld naast de normale albedos en in figuur 40 zijn de veranderingen van de helderheden der vergelijkingskraters aangegeven in magnitude voor verschillende maanfasen.

De fase van de maan wordt in de *Sterrengids* niet opgegeven. De daar gepubliceerde tabel vermeldt slechts de ouderdom van de maan. Het verband tussen deze twee grootheden is in eerste benadering te vinden met het volgende tabelletje:

ouderdom van de maan	fasehoek	ouderdom van de maan	fasehoek
1^d	— 168°	16^d	+ 15°
2	— 155	17	+ 27
3	— 143	18	+ 39
4	— 131	19	+ 51
5	— 119	20	+ 63
6	— 107	21	+ 76
7	— 95	22	+ 88
8	— 83	23	+ 100
9	— 70	24	+ 112
10	— 58	25	+ 125
11	— 46	26	+ 137
12	— 34	27	+ 149
13	— 22	28	+ 161
14	— 10	29	+ 174
15	+ 2		

De getallen uit deze tabel zijn berekend voor een gemiddelde duur van een lunatie ($29^d.53$) en daar de duur daarvan varieert zijn het eerste benaderingen, meestal echter voor visueel werk ruimschoots voldoende. Wil men echter nauwkeuriger waarden hebben, dan zal men een astronomisch jaarboek zoals bijvoorbeeld de *Nautical Almanac* moeten raadplegen. De fasehoek is 0° bij volle maan, bij eerste kwartier −90° en bij laatste kwartier +90°. Exact gedefinieerd is de fasehoek, de hoek tussen de richtingen naar het middelpunt van de aarde en het middelpunt van de zon gemeten in het middelpunt van de maan. De waarde 0° bereikt ze dus slechts tijdens het midden van een totale maansverduistering, zodat we nooit bij die hoek kunnen waarnemen, maar de helderheid bij 0° moeten we benaderen.

Het is gewenst om dus bij een waarneming van de helderheid van een maanobject niet alleen de globaal berekende fasehoek te noteren, maar tevens de originele waarneming, benevens de tijd en datum, zodat het altijd later met grotere nauwkeurigheid kan worden verbeterd.

De kleuren, die het maangesteente ons vertoont, zijn in het algemeen zacht, zodat de maan bij een eerste kennismaking zelfs kleurloos lijkt. Dit komt hoofdzakelijk door het felle contrast, dat die fel verlichte bol biedt aan ons aan het donker aangepaste oog, dat haar door een kijker begluurt en plots vanuit het in donker gehulde aardse landschap geconfronteerd

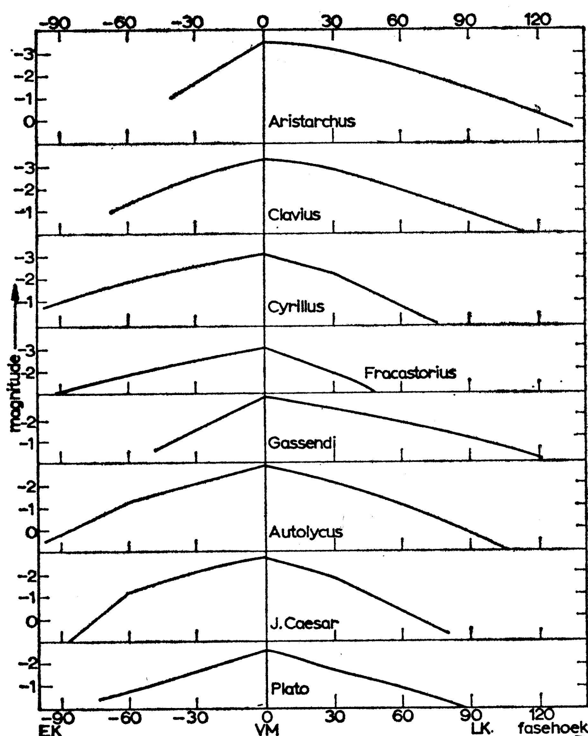


Fig. 40. De veranderingen van de magnitude van de bodem van een achttal maankraters bij verschillende fasehoeken. Deze kraterbodems zijn te gebruiken als vergelijkingspunten bij schattingen van de helderheid van gebiedjes op het maanoppervlak.

wordt met de in het zonlicht badende maancontreien. Bovendien is dat oog zo gewend aan de in zwart wit uitgevoerde fotografische opnamen van diezelfde maan, dat het geen wonder is, dat het geen kleuren onderscheidt op de maan.

Er schijnen hoofdzakelijk twee hulpmiddelen te zijn om daar toch iets van te zien. Het eerste is psychologisch: suggereer u zelf, dat u die krater bijvoorbeeld zou moeten schilderen, welke kleuren zouden daarvoor dan gekozen moeten worden? Het tweede middel is om het oog niet vlak tegen het oculair aan te houden, maar op grotere afstand, zodat u alleen nog maar de gewenste krater ziet zonder haar wijde helverlichte omgeving.

Plotseling ziet u de kleuren dan tevoorschijn komen en dan blijven ze ook te zien.

Toch is het waarnemen van kleuren buitengewoon moeilijk. Het mooiste is het om de helderheid van een aantal gebieden waar te nemen bij allerlei fasen door kleurfilters, die slechts licht van een zeer bepaalde kleur doorlaten. Dergelijk soort werk is er nog zeer weinig gedaan en het zou buitengewoon waardevol zijn. Het is echter beslist niet iets wat een beginnende amateur zo maar kan aanpakken, want het vereist zeer veel voorzorgen, omdat de kleuren op de maan zo weinig sprekend zijn. Er is een fel gele strook vlak bij Aristarchus, in de buurt van de Apennijnen zijn groenachtige plekken, maar over het algemeen is de kleur vaag en moeilijk te klassificeren. Toch ligt hier een zeer interessant terrein braak.

Hoogte en bouw van de maanbergen

Over het ontstaan van de ringvormige gebergten op de maan, die meestal kraters worden genoemd, is het laatste woord nog lang niet gesproken. De laatste tijd zijn er een aantal argumenten ten gunste van een ontstaan door het inslaan van grote meteorieten naar voren gebracht. Grote meteorieten, die lang geleden in de maankorst zouden zijn ingeslagen, worden dan verantwoordelijk gesteld voor die merkwaardige ronde kuilen.

Inderdaad treft men ook op aarde kraters aan, die door meteorieten zijn veroorzaakt. De bekende Arizonakrater is er een van, terwijl enkele jaren geleden in het noorden van Canada een nog grotere, de Chubkrater werd ontdekt.

We moeten ons voorstellen, dat deze kraters op dezelfde wijze als bomkraters ontstaan. Een meteoriet slaat in en verliest in een moment zijn geweldige hoeveelheid energie, omdat hij in zijn geweldig snelle vaart (soms 50 km/sec) wordt geremd. Er vindt dus een explosie plaats en er blijkt inderdaad een verband te bestaan tussen allerlei eigenschappen van meteoorkraters en bomkraters en.... ook van maankraters. Helaas is hiervan nog weinig onderzocht, omdat het ons bij de maankraters nog aan zeer veel gegevens ontbreekt.

De bouw van een maankrater is buitengewoon merkwaardig; het is geen berg, maar een kuil. Tekenen we een schematische krater, dan is deze gekarakteriseerd door vijf grootheden

(fig. 41): de diameter *d*, de inwendige hoogte *h*, de uitwendige hoogte *H*, de gemiddelde helling van de binnenwal *a* en de gemiddelde helling van de buitenwal *b*. De *d* en de *h* zijn in het algemeen voor de meeste kraters goed bekend, maar van *a* en *b* weten we veel minder. Alleen Fauth heeft hiervan een aantal bepalingen gedaan. Toch zijn *a* en *b* heel gemakkelijk te bepalen en dit is een eenvoudig werkje voor amateurs. Men let op de kraters, die niet te ver van de terminator afliggen, zodra de

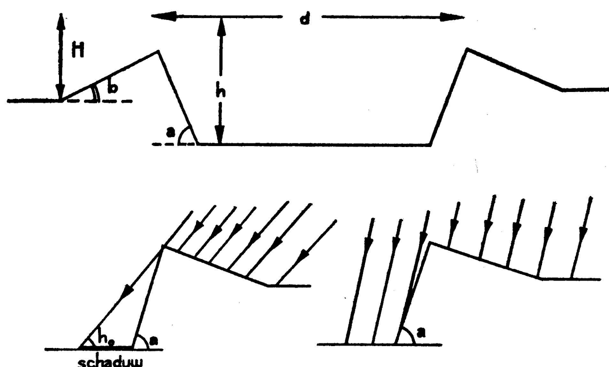


Fig. 41. De bouw van een maankrater (schematisch) is in de bovenste figuur weergegeven. Het is meer een kuil dan een berg en vorm en grootte worden door vijf grootheden gekarakteriseerd. Vooral de binnen- en buitenhellingen van de wal (*a* en *b*) zijn nog weinig gemeten. Zolang de hoogte van de zon (h_n) groter is dan *a* werpt de wal geen binnenschaduw, maar zodra h_n kleiner dan *a* wordt is er een schaduw. Dit laat de onderste figuur zien.

schaduw verdwijnt (fig. 41), die de walrand werpt, is de zonshoogte groter dan *a*. Is de zonshoogte kleiner dan *a*, dan werpt de wal schaduw, is zij groter dan *a* dan is er geen schaduw. Men kan dus iedere avond gedurende een aantal maanden noteren of een aantal kraters (van binnen en van buiten) schaduwen vertonen of niet. Al spoedig zal men de waarde van *a* dan kunnen bepalen uit de zonshoogte, waarbij de schaduw verdwijnt binnen de krater, terwijl *b* volgt uit het al of niet aanwezig zijn van schaduw buiten de krater. Natuurlijk moet de hoogte van de zon worden berekend. Dit kan men zelf doen, maar het eist wat kennis van wiskunde en het bezit van de nodige gegevens. Ook onbewerkte waarnemingen zullen echter ongetwijfeld welkom zijn.

De hoogte van de maanbergen is op twee manieren te bepalen. De oudste methode maakt gebruik van het zichtbaar worden van verlichte bergtoppen aan de terminator als de omringende vlakte nog in duisternis is gehuld. Hoe hoger de bergtop, hoe eerder zij in het zonlicht zal verschijnen. Uit de afstand van de bergtop tot de terminator kan men de hoogte berekenen. Het is dus van belang bij een reeks maanwaarnemingen niet alleen tijdstip, dag en duur te vermelden, maar tevens even kort te resumeren waar ongeveer de terminator tijdens de waarneming te zien was. Dit kan gebeuren door enkele benoemde punten te noteren, waar de terminator juist overheen loopt tijdens de serie waarnemingen. De afstand van het juist verlichte punt tot de terminator kan door berekening worden bepaald en desnoods ook op een kaart worden gemeten. Het berekenen er van is voor een niet wiskundig onderlegde amateur niet uitvoerbaar en moet dan aan anderen worden overgelaten.

Een andere methode om de hoogte van maanbergen te bepalen bestaat uit het opmeten van de lengte van de schaduwen, die zij werpen. Uit de lengte van die schaduw volgt de hoogte van de berg, mits men de hoek, waaronder de zonnestralen ter plaatse invallen, kent, dus als men weet hoe hoog de zon vanuit dat punt op de maan wordt gezien. Ook hiervoor zijn natuurlijk formules, die echter ook veel rekenwerk eisen. Dit soort werk kan ook op foto's gebeuren door schrijftafelamateurs eventueeel in overleg met een deskundige, zodat zich ook op dit gebied een wijd uitzicht opent op velerlei interessante bezigheden.

De raadselachtige Venus

Naast de maan zijn de planeten voor de kijkerbezitter zeer dankbare objecten. Allereerst zijn daar de beide binnenplaneten Mercurius en Venus te noemen. De eerste echter is voor de bezitter van een klein instrument van weinig belang. Hoewel het voor visuele waarnemers interessant kan zijn zonder kijker naar deze vluchtige gast te zoeken, die slechts enkele weken met zeer grote moeite laag aan de westelijke of oostelijke gezichtseinder valt te ontdekken, met de kijker loont dat veel minder de moeite. Weliswaar is het nu veel eenvoudiger de planeet te vinden als men over een almanak beschikt, die de

juiste plaats voor iedere dag aangeeft en als men de kijker met verdeelde cirkels nauwkeurig kan instellen op de positie, die Mercurius inneemt, maar door de kijker blijkt de planeet een onbeduidend klein schijfje te zijn, dat door haar lage stand dermate door de onrust van de lucht wordt gehavend, dat er in geen geval iets van de vage details op te onderscheiden valt, die bekende astronomen als Schiaparelli en Antoniadi daar ontdekten. Het waarnemen van deze door een verzengende zonnestraling geteisterde wereld met een mogelijk zeer ijle atmosfeer blijft een voorrecht voor bezitters van zeer grote spiegelkijkers (opening minimaal 200 mm) of een soortgelijke refractor en dat dient dan overdag te gebeuren, als Mercurius hoog aan de hemel staat. Het enige wat een bezitter van een kleinere kijker bij een flinke vergroting mag hopen te ontdekken is de fase. Het blijkt namelijk, dat de beide binnenplaneten net als de maan ons niet altijd hun verlichte kant toekeren, maar af en toe ook een kleiner of groter deel van hun donkere kant. We kunnen dus Mercurius dan wel eens zien als een half verlicht miniatuur maantje of als een smallere sikkel.

Veel mooier zijn die fasen echter te zien bij Venus. Hiervoor zijn geen flinke vergrotingen of gunstige omstandigheden nodig. Bij iedere verschijning van deze heldere planeet aan de morgenhemel of als avondster vertoont zij haar schijngestalten. Het is buitengewoon boeiend een keer dit merkwaardige verschijnsel enige maanden te volgen en te zien hoe bijvoorbeeld aan de avondhemel Venus als zij voor de eerste keer te zien valt een zeer klein praktisch rond schijfje vertoont, dat na drie maanden veranderd blijkt te zijn in een slechts voor de helft verlichte planeet, die nu echter ook bijna twee maal zo groot is. Weer twee maanden later wordt het moeilijk de avondster in de avondschemering te ontdekken, omdat zij reeds spoedig na de zon ondergaat, maar nu is het dan ook reeds een zeer smalle sikkel geworden, die weer twee keer groter is geworden, dus vier keer de oorspronkelijke grootte. Dat toenemen van de schijnbare diameter van de schijf, die Venus ons toont, is natuurlijk ook bij Mercurius waar te nemen en het is een gevolg van het feit dat zo'n binnenplaneet bij een avondverschijning ons op aarde geleidelijk nadert. De afstand tussen de aarde en Venus vermindert steeds meer en daardoor lijkt de planeet ons groter toe. Als ze juist tussen de aarde en de zon in staat

(benedenconjunctie noemt men dat), zou de diameter ons maximaal moeten toeschijnen, maar nu verlicht de zon juist de van ons afgekeerde kant van de planeet. Omdat de aarde en Venus niet precies in hetzelfde vlak bewegen om de zon bevindt Venus zich niet precies voor de zon, maar ten noorden of ten zuiden daarvan („er boven of er onder"). Daardoor is het onder gunstige omstandigheden en met grote instrumenten soms wel mogelijk een glimp van de planeet op te vangen, want het blijkt, dat ze wel zichtbaar is, als een donkere schijf omgeven door een dunne smalle verlichte ring. Die lichtband is een duidelijk bewijs van het bestaan van de Venusatmosfeer, waarvan we trouwens langs geheel andere weg ook reeds het een en ander wisten.

Toch zijn juist voor de eenvoudiger waarnemers de fasen van Venus een nadere bestudering waard. Probeert u bijvoorbeeld eens precies vast te stellen, wanneer het daar eerste of laatste kwartier is, dus op welke dag Venus ons juist de helft van haar verlichte uiterlijk toekeert. Natuurlijk is dat precies vooruit te berekenen, meent u. Dat dachten de astronomen ook, maar de Russische astronoom Bronshtein liet uit het werk van een tweetal Russische amateurs Michelson en Petrov zien, dat het ogenblik van een half verlichte planeetschijf meer dan een week later kwam dan was voorspeld. Dit is een effect, dat een nader onderzoek waard is en hier valt juist voor de amateur wat te doen. Misschien krijgt u de smaak zo te pakken, dat u een micrometertje in het brandvlak van het oculair weet te bouwen om daarmee de diameter van de planeet bij andere fasen ook te meten om ook daar de afwijkingen te kunnen constateren. Waarschijnlijk moet de oorzaak van het effect ook in de atmosfeer worden gezocht, die Venus als een dikke mantel omhult.

Al vertoont de planeet ons onder gunstige omstandigheden dan een tamelijk groot schijfje, toch moeten we niet verwachten daar bijzonderheden op te kunnen onderscheiden. Het grijze wolkendek vertoont geen spoor van details, zoals bijvoorbeeld de wolken op Jupiter wel doen. Enkele zeer ervaren waarnemers hebben met grote instrumenten wel eens gemeend vage strepen te zien (Lowell bijvoorbeeld heeft zelfs een landkaart met namen van Venus het licht doen zien!), maar men is het er de laatste tijd toch wel over eens, dat het hier bijna zeker

subjectieve indrukken betreft, veroorzaakt door vage beeldschaduwen, die door optische fouten in de kijker worden veroorzaakt. Treffend is in verband hiermee wel een onderzoek, dat op de Sterrenwacht te München werd uitgevoerd en waarbij tegelijkertijd tekeningen werden gemaakt van Venus, van witte rubberballen en van witgepleisterde globes op zo'n afstand opgesteld, dat door de kijker gezien hun beeld even groot leek als dat van Venus. De door Villiger gemaakte schetsen van deze objecten lijken zo merkwaardig veel op elkaar, omdat hij dezelfde vage schaduwen op de egaal witte kunstmatige bollen meende te zien, die hij ook op Venus zag, zodat men niet anders kan concluderen dan dat er op Venus bijna zeker geen details te zien zijn.

Anders is het echter in het ultraviolet. Maakt men opnamen van de planeet in ultraviolet licht, dat voor ons oog onzichtbaar is, maar fotografisch wel actief, dan ziet men donkere wazige vlekken verschijnen, die men houdt voor wolkenvelden in de Venusatmosfeer. Het infrarode spectrum van Venus vertoont duidelijke sporen van koolzuurgas, terwijl kortgeleden ook de aanwezigheid van waterdamp is ontdekt, zodat het bestaan van een dampkring zich duidelijk manifesteert. De vage details, die op de ultraviolette opnamen verschijnen zijn het eerste ontdekt door Ross met de 60-duims kijker van de Mount Wilson sterrenwacht. Later heeft Kuiper met de 82-duims kijker van MacDonald observatorium het onderzoek herhaald en met dit grote Amerikaanse instrument ontdekte hij een aantal heldere en donkere banden bijna loodrecht op de terminator. Dit wijst er op, dat de aswenteling van de planeet ongeveer plaats vindt in een vlak dat 32° helt op het baanvlak (bij de aarde is dat $23^1/_2{}^\circ$), maar de juiste tijd van de asdraaiing kon men nog niet vaststellen. Alles wijst er echter op, dat dit waarschijnlijk een rotatieperiode van enkele weken zal zijn.

Voor de amateur met een kleine kijker is alleen het waarnemen van de fase aan te bevelen, want voor ander nuttig werk is een uitgebreid instrumentarium nodig.

Tekeningen van Mars

Een van de meest interessante, maar ook van de moeilijkste problemen, waarmee de sterrenkunde in de loop der tijden

voortdurend wordt geconfronteerd is de vraag of er leven is op andere werelden. Ondanks de vier eeuwen tijd, die de astronomen intussen gehad hebben om door steeds groter wordende kijkers de planeten en de sterren in de ons omringende ruimte te bestuderen, wordt dezelfde vraag nog steeds aan hen voorgelegd. Een van de werelden, waar bovenstaande vraag wel het meest aan wordt gesteld, is Mars. Tegen het einde van de vorige eeuw geloofde men algemeen aan het bestaan van Marsbewoners ten gevolge van de ontdekking van de kanalen op Mars. Thans hebben deze wondermensen, althans op wetenschappelijk terrein de aftocht geblazen door ontdekkingen van later datum, maar andere feiten hebben de oude kwestie van het leven op andere werelden nieuw leven ingeblazen. Zeker is echter, dat — wanneer we iets meer weten van die rode planeet, die toch wel enige overeenkomst met onze aarde heeft — we met alle mogelijkheden, die onze kijker ons biedt, zullen trachten zoveel mogelijk glimpjes op te vangen van de wonderen, die bekend zijn geworden over de planeet Mars.

Ongeveer eens in de twee jaar komt Mars in oppositie met de zon, d.w.z. dan staat zij zo dicht mogelijk bij de aarde, die dan tussen Mars en de zon in staat. Reeds enige maanden voor het zover is, verschijnt eerst 's morgens, later steeds vroeger in de nacht, in het oosten de roodachtig gekleurde ster, die doordat zij betrekkelijk weinig heen en weer springt (scintilleert), zoals de andere sterren door de onrust van de lucht doen, blijk geeft van het feit, dat ze geen ster, maar een planeet is. Aanvankelijk is zij nog niet zo helder (ca. 1^m), maar toch kan men haar tot de heldere sterren rekenen, maar tijdens de oppositie kan Mars even opvallend worden als Jupiter of Venus. Voortdurend verschijnt de planeet vroeger in de nacht en eindelijk komt ze 's avonds op, direct nadat de zon is ondergegaan en staat dan dus tegenover de zon in oppositie. Richten we nu een kijker op het rode hemellicht, dan toont het een klein schijfje in plaats van een punt, zoals een ster. Op dit schijfje kunnen we een aantal bijzonderheden waarnemen, meer naarmate het groter is.

Er zijn planeten, zoals Venus, waarop we niets kunnen zien, omdat een dicht wolkendek ons verhindert hun oppervlak te aanschouwen. Bij Jupiter is dat ook het geval, maar daar tonen die wolken allerlei details, die echter voortdurend variëren,

want wat is er veranderlijker dan wolken. Een wereld als de maan, die geen atmosfeer heeft, toont ons haar vaste korst, waarop we natuurlijk begunstigd door de grote nabijheid een menigte details kunnen waarnemen. Mars is echter wel omringd door een dampkring, maar niet zo'n dichte als Jupiter of Venus. Wij kunnen dan ook de vaste bodem van de planeet meestal goed zien, maar het gebeurt wel eens, dat tijdelijk mist en wolken het planeetoppervlak aan ons gezicht onttrekken.

Het eerste wat ons opvalt als we Mars bekijken is een aantal donkere vlekken, hoofdzakelijk midden op de schijf en een kleine witte ovale vlek onder of boven op de bol. Het is vrij begrijpelijk, dat men die laatste vlek voor een groot sneeuw- of ijsveld heeft aangezien, immers daar bevinden zich de polen en wat verwacht men daar anders dan sneeuw of ijs! Neemt men die witte vlek een paar maanden lang zorgvuldig waar, dan gaan zich eigenaardige bijzonderheden voordoen: de vlek wordt langzamerhand kleiner, totdat ze soms helemaal verdwijnt. Dat is vrij eenvoudig te verklaren: Mars kent evenals de aarde seizoenen, die daar echter bijna twee keer zo lang duren, zodat als de lente aanbreekt het sneeuwveld door de stijgende temperatuur begint te smelten. In de winter kan de poolkap wel 1500 km groot zijn, maar in de zomer krimpt ze tot 300 km in of blijft er niets van over. Als het zomer wordt aan de ene pool, valt de winter over de andere in en de poolkap daar begint snel te groeien. Dit is bij sommige gunstige opposities waarneembaar.

Voor kijkers met een kleine opening is Mars een moeilijk object. Alleen enkele maanden voor en na de oppositiedatum is de planeet zo dicht bij de aarde, dat het Marsschijfje groot genoeg is om er details op te onderscheiden. Het is raadzaam om een zo groot mogelijke vergroting te gebruiken, want het schijfje van Mars is hoogstens 25″ in het gunstigste geval. Natuurlijk stelt de toestand van de lucht hieraan een grens. Van tevoren moeten natuurlijk een aantal voorbereidingen worden getroffen. Men maakt eerst een aantal blanco tekeningen van de planeet. Als schaal kiest men 5″ = 1 cm, een schaal, die ook door veel buitenlandse waarnemers wordt gebruikt, bijvoorbeeld door de waarnemers van de Marssection van de British Astronomical Association. Op de blanco tekeningen wordt de evenaar en een paar meridianen en parallelcirkels

aangebracht (zie fig. 42) en voorzover nodig de schijngestalte. Omdat Mars geen binnenplaneet is vertoont zij geen volledige fasen, maar toch kunnen we onder gunstige omstandigheden een klein deel van de donkere helft zien, zoals bij de maan enige dagen na of voor volle maan. Juiste gegevens hiervoor dient men te ontlenen aan de Almanak. Een handige amateur kan ze zelf afleiden uit de figuur in de *Sterrengids,* die de stand van de aarde en van Mars ten opzichte van de zon weergeeft.

Nu wordt er een tekening gemaakt van de zichtbare details; de kijker wordt op Mars gericht, de grootste vergroting ingeschakeld en in gespannen verwachting richt uw blik zich op de rode planeet. Het is bijna zeker, dat uw teleurstelling enorm groot zal zijn. Het schijfje, dat u ziet is zo klein, onrustig en vertoont geen spoor van details. Nu is het echter het moment om niet ontmoedigd de kijker op te bergen en uw troost bij de televisie te gaan zoeken. Het zien van details op planeetoppervlakken is moeilijk en ook dit moet men leren! Het zelf ontdekken van vlekken, de poolkappen en wolken op Mars is mogelijk en behoort tot een der interessantste belevenissen van de amateurastronoom, maar. . . het zal pas na ervaring en veel oefening gelukken. Staak dus niet direct het waarnemen, maar offer er een half

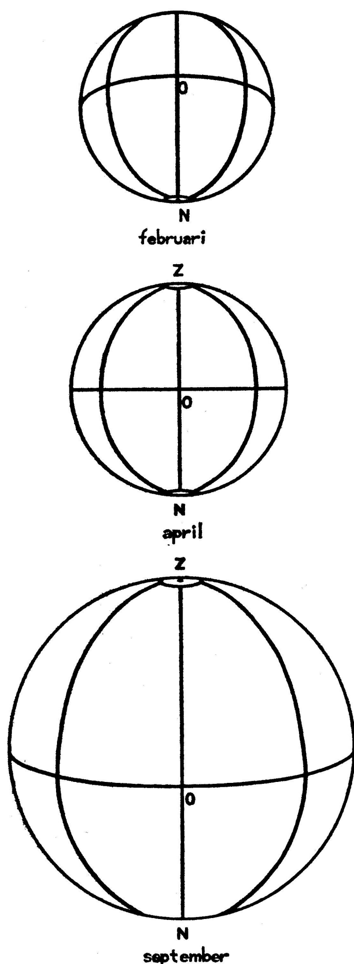


Fig. 42. De schijnbare diameter van Mars verandert bij verschillende opposities. Voor het maken van tekeningen maakt men eerst een schets met bovenstaande lijnen er in.

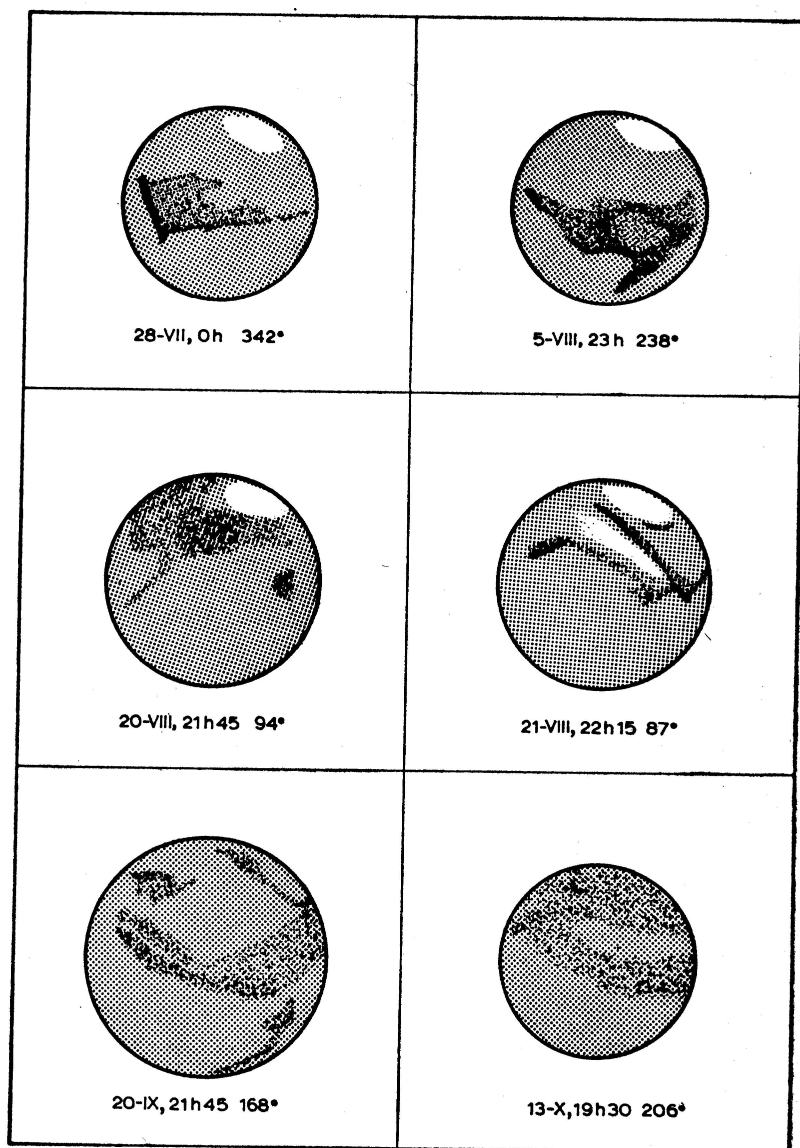


Fig. 43. Zes tekeningen van Mars gemaakt met een 108 mm refractor tijdens de oppositie van 1956 door de schrijver. De grote v-vormige witte vlek op de tekening van 21 augustus is een stofstorm. Bij de tekeningen is de areografische lengte van het midden van de planeetschijf aangegeven.

uurtje aan op. Ook onder ongunstige omstandigheden zijn er vaak enkele gunstige momenten, waarop men de oppervlakte details scherp ziet. Het komt dan op het geduld van de waarnemer aan. Hoewel deze gunstige momenten meestal van zeer korte duur zijn, kan men er toch van trachten te profiteren. Wacht dus rustig af en kijk! Worden uw ogen vermoeid, onderbreek dan enkele minuten en kijk opnieuw.

Het zal dan beslist plotseling gebeuren, dat u iets meent te zien. Let nu goed op en tracht het opnieuw te zien. Was het een lichte of een donkere vlek? Wat was de vorm, rond, elliptisch, langwerpig of nog anders en waar bevond zij zich, midden op de schijf of ergens anders. Zodra u haar opnieuw ziet, tracht u een van deze vragen op te lossen en wanneer dat is gebeurd wordt de vlek ingetekend op de van tevoren gereedgemaakte tekening in de juiste vorm en stand, zwarte vlekken met potlood, witte met geel kleurpotlood.

Ga niet van tevoren na welk gedeelte van Mars zichtbaar is. Pas later, liefst na enkele dagen wordt dat gedaan. Het enige wat genoteerd moet worden is de tijd en de datum van de waarneming.

Verwacht niet, dat uw tekeningen direct nieuwe ontdekkingen zullen opleveren, maar wel is het mogelijk verschijnselen te zien, die in het buitenland met veel grotere instrumenten ook worden gevonden. In figuur 43 ziet u enkele door mij vervaardigde tekeningen tijdens de vrij gunstige oppositie van 1956. In juli en augustus werden de eerste tekeningen vervaardigd. Mars stond toen pas laat in de nacht hoog genoeg om goede waarnemingscondities te verwachten. Vooral op 28 juli was de seeing uitstekend. De zuidelijke poolkap is op de tekeningen van die datum heel goed te zien.

Op 30 augustus bleken alle details op het zuidelijke halfrond (boven in de omkerende kijker!) vervaagd te zijn; er was een grote lichte vlek verschenen. Aanvankelijk twijfelde ik aan de juistheid van deze waarneming en schreef ik het gebrek aan details aan de slechte luchttoestand toe. Hoewel de seeing die avond inderdaad niet zo best was, bleek die lichte vlek toch reëel te zijn. Dezelfde vlek werd door professor Kuiper op die datum waargenomen toen hij de 82-duims spiegelkijker van de Mac-Donald sterrenwacht op Mars gericht hield. Op onze tekening van 3 september is de vlek weer verdwenen. Volgens

de meeste astronomen zijn deze geelwitte vlekken stofstormen, die in de laagste delen van de atmosfeer van Mars woeden.

Gedurende de maand september werd de poolkap ineens onzichtbaar. Ze smolt dus voor het oog niet geleidelijk af, maar aan het einde der maand was er af en toe weer een glimp van te zien. Waarschijnlijk hebben wolken en mistbanken dit deel van het oppervlak aan ons oog onttrokken. Ook de lichte V-vormige vlek op de tekening van 21 augustus is waarschijnlijk een wolk. Volgens krantenberichten zouden Russische waarnemers ook op 23 en 26 augustus ongewoon heldere vlekken op Mars hebben gezien.

Het intreden van de zomer op het zuidelijk halfrond van Mars is dus vrij stormachtig verlopen. Na begin oktober is de zuidelijke poolkap geheel naar de onzichtbare helft van Mars verhuisd; het zal nog wel even duren voor zij weer zichtbaar wordt.

Het bovenstaande demonstreert, dat het ongetwijfeld mogelijk is om ook met kleinere instrumenten de gebeurtenissen op de planeet Mars te volgen en dat iedere kijkerbezitter kan trachten tijdens de volgende Marsopposities een aantal tekeningen van deze planeet te maken, zoals zij in zijn eigen telescoop is te zien. Die komende Marsopposities zijn op

			″
30 december	1960	maximale diameter	15.4
4 februari	1963		14.0
9 maart	1965		14.0
15 april	1967		15.6
31 mei	1969		19.5
10 augustus	1971		24.9
25 oktober	1973		21.4
15 december	1975		16.5

De lengte van de meridiaan, die zich op het ogenblik van waarneming in het centrum van de zichtbare schijf bevindt, kan men niet in de *Sterrengids* vinden. Misschien dat het amateurblad *De Meteoor* dergelijke gegevens kan verstrekken. Anders moet men de officiële astronomische almanak voor het lopende jaar raadplegen.

Wolken, sneeuw en plantengroei op Mars?

Het zou ons in het kader van dit boek te ver voeren om uit-

voerig te beschrijven welke uitgebreide onderzoekingen er in de loop der tijden over de planeet Mars zijn gedaan en wat zij aan het licht hebben gebracht.

Een der merkwaardigste geschiedenissen is die van de Marskanalen. In de herfst van 1877 was Mars in oppositie en bovendien zeer dicht bij de aarde gekomen. Haar diameter was bijna 25″. Een van de bekendste astronomen uit de vorige eeuw, de Italiaan Schiaparelli nam de planeet geregeld waar en construeerde uit zijn waarnemingen later met grote nauwkeurigheid een kaart van de planeet. Zeer nauwkeurig legde hij van verscheidene punten de lengte en de breedte vast en tekende alle zichtbare details nauwkeurig in. Schiaparelli zag echter naast donkere vlekken en naast de poolkap ook nog een aantal fijne donkere lijntjes op de planeetschijf, die een vaste positie innamen en de heldere gebieden doorkruisten. Hij noemde ze „kanalen", waarmede hij echter beslist niet wilde zeggen, dat het door menselijke wezens gegraven waterwegen zouden moeten zijn. De ontdekking van die kanalen verwekte echter toch de nodige opschudding in de wereld. Lowell, een Amerikaan, bouwde zelfs een sterrenwacht uitsluitend met het doel om Mars nader te bestuderen en hij bracht meer dan 400 kanalen in kaart. Er waren er bij van duizenden km lang, terwijl verkleuringen suggereerden dat het smeltwater van de ene pool zich via dat kanalensysteem naar de andere zou bewegen. Geen wonder, dat men tenslotte aan het bestaan van Marsbewoners begon te geloven om dit wonderlijke kanalenstelsel te begrijpen.

Later bleek echter, dat deze kanalen een gevolg zijn van optisch bedrog. In zeer grote kijkers blijken die rechte strepen uiteen te vallen in zeer veel kleine vlekjes, heel kleine details, die door de waarnemers met kleinere instrumenten aan elkaar geschakeld worden gezien als rechte strepen. Voor de amateur met een niet te kleine kijker (minimaal 10 cm) zijn enkele van de helderste kanalen onder zeer gunstige omstandigheden te zien.

Uit het spectrum van Mars is gebleken, dat de atmosfeer daar ongeveer tweemaal zoveel koolzuur bevat als bij ons. Zuurstof noch waterdamp kon worden aangetoond, hoogstens kan men een bovenste grens noemen voor de hoeveelheid van die gassen, die aanwezig kan zijn. Waarschijnlijk bestaat de Marsatmosfeer voor 96% uit stikstof, een gas, dat we ook niet

kunnen waarnemen in het spectrum. Naast koolzuur kunnen er edelgassen aanwezig zijn.

De geelachtige wolken, zoals er ook op onze waarnemingen een aantal voorkomen, schijnen te worden veroorzaakt door stofstormen. Waarschijnlijk is een groot deel van het Marsoppervlak bedekt met een soort woestijn. Men vermoedt, dat dit de roodachtige heldere gebieden zijn. Het daar opwaaiende zand stuift omhoog en belemmert ons bij het waarnemen van de donkere vlekken. Die donkere vlekken (net als op de maan, door vroegere waarnemers zeeën genoemd), vertonen merkwaardige veranderingen. In de zomer verkleuren ze van blauwgroen in bruine tinten. Men vermoedt, dat deze gebieden bedekt zijn met vegetatie van een aan ons onbekende vorm en soort. Deze toont seizoensverkleuringen, zoals onze loofbomen onder invloed van de temperatuur. De vegetatie op Mars verkleurt waarschijnlijk door een variatie van het vochtigheidsgehalte van de lucht. Naarmate het seizoen voortschrijdt gaat immers de poolkap steeds verder smelten of verdampen. Uit het spectrum van die poolkap heeft professor Kuiper afgeleid, dat ze bestaat uit een laag sneeuw of rijp, in ieder geval dus bevroren water bij zeer lage temperatuur. Aanvankelijk verdampt deze enkele centimeters dikke sneeuwlaag bij het begin van het voorjaar en ontstaat er mist en laaghangende bewolking, die de poolstreken zo af en toe aan ons oog onttrekt. Later in de zomer kan er ook vloeibaar water op Mars bestaan en er is inderdaad een smeltzone om het poolijs te zien. Het vrijkomende water is dus in staat om de plantengroei van het nodige vocht te voorzien. Men heeft getracht het bestaan van planten op Mars ook in het spectrum aan te tonen en Kuiper vond, dat het spectrum van de donkere vlekken niet overeen kwam met dat van zaadplanten of varens, maar meer met dat van korstmossen. Russische geleerden toonden echter later weer aan, dat ook op aarde varens en zaadplanten een soortgelijk spectrum vertonen als ze maar verkeren onder dezelfde condities als de vegetatie op Mars (dus intense zonnestraling ook in het ultraviolet en extreme temperaturen, zoals die soms worden gevonden op bepaalde hoogvlakten in centraal Azië). Het is dus nog helemaal niet uitgesloten, dat er niet een zeer merkwaardig plantendek op Mars groeit, terwijl het voorkomen van andere soorten van levende individuen dan ook niet mag

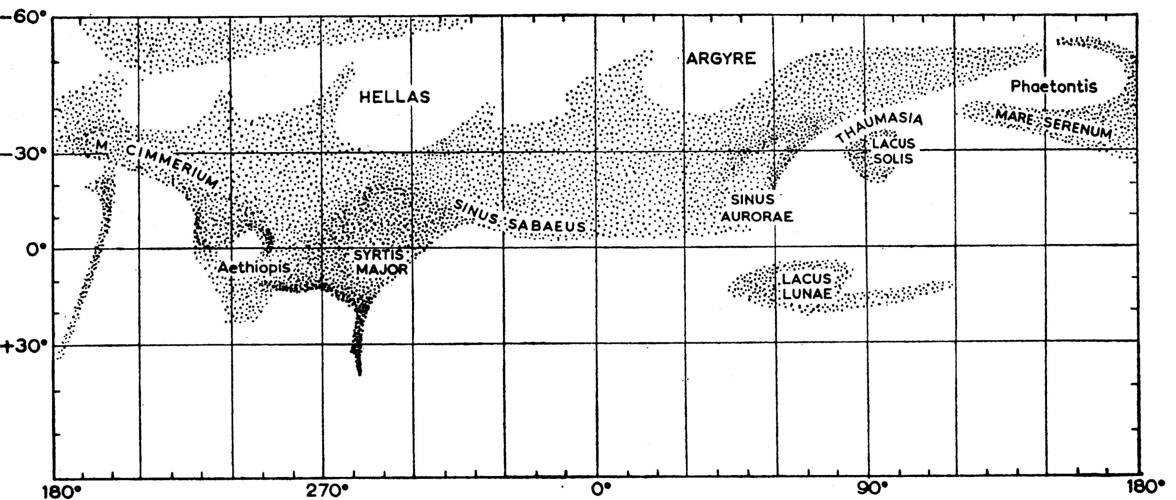


Fig. 44. Kaart van Mars in Mercator-projectie naar eigen waarnemingen in 1956 met de voornaamste voor amateurs zichtbare details.

worden uitgesloten. De grote verscheidenheid en het aanpassingsvermogen dat de natuur hier op aarde onder allerlei variërende omstandigheden vertoont, maant ons tot voorzichtigheid als we de mogelijkheid van eventueel leven op andere werelden willen beperken.

De reuzenplaneet Jupiter

Jupiter is voor astronomen en meteorologen een der interessantste objecten van het zonnestelsel. De grootste planeet is door zijn steeds in vormen en kleuren wisselende oppervlaktedetails een dankbaar voorwerp van studie. Talrijk zijn de hypotheses over de samenstelling en opbouw van deze planeet. In de loop van de tijd blijken er echter slechts weinige goed te blijven passen bij het steeds groeiende aantal waarnemingen en bij onze steeds toenemende fysische kennis.

Reeds lang geleden was men tot de conclusie gekomen, dat de zo variërende oppervlaktedetails wolken moesten zijn, die drijven in een uitgebreide atmosfeer. Aan de wisselende vormen van die vlekken en banden is dat direct al te zien. De aanwezigheid van een atmosfeer is ook uit allerlei andere verschijnselen op te maken, zoals het spectrum van Jupiter, dat een groot aantal banden vertoont. Zo'n bandenspectrum wordt veroorzaakt door moleculen. In dit geval bleken dit ammoniak en methaangas of moerasgas te zijn, zoals Wildt omstreeks 1930 vond. De rol, die de waterdamp bij ons speelt, wordt bij Jupiter vervuld door ammoniak. Het blijkt, dat de wolkenlaag van Jupiter uit een fijne nevel van ammoniakdeeltjes kan bestaan bij een temperatuur van $-100°$ C. De kleurschakeringen, die in de wolken voorkomen heeft Wildt toegeschreven aan oplossingen van natrium in ammoniak. Naarmate de temperatuur hoger is verandert de kleur van deze oplossingen van grijs, via bruin in blauw. Daar de temperatuur boven de wolkenlagen aanvankelijk afneemt, moeten de blauwe tinten veroorzaakt worden door laag gelegen wolken, terwijl het grijs samenhangt met de hoogste nevelflarden.

Het is echter zeer merkwaardig, dat de wolken op Jupiter niet over het hele oppervlak van de planeet te zien zijn, maar in bepaalde banden of gordels. Men onderscheidt heldere stroken, de zones en donkere strepen of wolkenbanden (fig. 45).

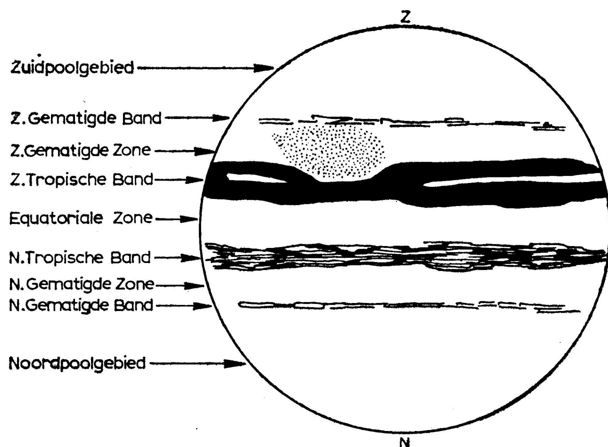


Fig. 45. De planeet Jupiter vertoont een aantal donkere banden en lichtere zones, waarin een groot aantal details te zien zijn. Vooral bekend is de rode vlek in de zuidelijke gematigde zone. Opvallend is de sterke afplatting van de snel roterende reuzenplaneet.

Een der merkwaardigste details is de grote rode vlek, die zich in de zuidelijke gematigde zone bevindt. Vanaf 1878 is zij systematisch waargenomen, maar reeds voor die tijd moet ze zijn gezien. Het is een grote ovale vlek, die de laatste jaren in glans is verminderd, maar waarvan de vorm nog duidelijk opvalt door de baai waarin de vlek ligt. Die vormt een inkeping in de zuidelijke equatoriale of tropische band, die onder normale condities is te zien, zelfs al is de vlek zelf onzichtbaar.

Doordat Jupiter snel roteert verplaatsen de details zich over haar oppervlak. Die snelle asdraaiing blijkt ook uit de sterke afplatting. Er zijn twee verschillende omwentelingssnelheden; de equatoriale zone roteert in 9^h50^m, de gematigde zone in 9^h55^m. De omwentelingstijd van speciale details, hun individuele bewegingen en de tijd, die ze zichtbaar blijven, vormen onderwerpen, die een amateur kan bestuderen. Ook hier geldt natuurlijk, dat men eerst de nodige ervaring moet opdoen in het onderscheiden van zeer kleine bijzonderheden op een planeetoppervlak en dat men geduldig de ogenblikken van goede seeing moet afwachten.

De diameter van Jupiter tijdens de oppositie bedraagt ongeveer 46″ en daar er ieder jaar een oppositie plaats vindt, steeds ongeveer een maand later, kan de planeetwaarnemer meer Jupiterwaarnemingen dan Marstekeningen voltooien. Eenzelfde schaal als bij Mars, dus 5″ = 1 cm is te adviseren en men make van tevoren blanco tekeningen klaar. Noteer uur en datum der waarneming opdat u later uit de almanak de lengte van de centrale meridiaan kunt afleiden. Deze varieert door de beide verschillende rotatieduren voor de genoemde zones. Wanneer u een tekening van Jupiter hebt gemaakt, kunt u de volgende dag een uur later juist de andere kant waarnemen, want dan heeft de reusachtige bol juist ongeveer $2^1/_2$ rotatie volbracht. De dag daarna weer een uur later ziet men de oorspronkelijke helft weer terug en kan men eventuele veranderingen in de oppervlaktestructuren constateren. Gedurende de opposities in de winter, die tussen 1960 en 1970 zullen voorkomen kan men in de lange winternachten de planeet een volledige wenteling om haar as zien maken.

Tijdens zeer heldere nachten kan men trachten de kleuren van de wolken te bepalen; de donkere banden zullen dan roodachtig lijken en de poolgebieden vertonen een blauw-grijze tint. Soms worden groenachtige en blauwe kleuren gezien, vooral in het equatoriale gebied. Het oppervlak van deze reusachtige planeet met haar steeds wisselende vormen is een der interessantste objecten voor de amateur. Het waarnemen er van wordt bovendien verlevendigd door het voortdurend wisselende aspect van de vier heldere maantjes.

Het spel der Jupitermanen

In januari 1610 ontdekte Galilei als eerste de vier heldere maantjes van de planeet Jupiter. De beschrijving van deze voor zijn tijd zeer merkwaardige ontdekking is in tal van populaire boeken opgenomen. Zijn eerste waarneming vond plaats op de avond van de zevende januari en hij zag toen drie heldere sterretjes vlak bij de planeet, twee ten oosten en een ten westen er van. Op de volgende avond echter hadden de sterretjes zich verplaatst, zodat ze zich nu ten westen van Jupiter bevonden. Galilei meende aanvankelijk, dat niet de sterretjes, maar de planeet de oorzaak van de plaatsverandering was. Hij vreesde,

dat Jupiter zich niet precies volgens de door de astronomen van zijn tijd voorspelde wijze zou bewegen en ging ook op verdere heldere avonden de stand van de planeet ten opzichte van de heldere sterretjes na. Weliswaar was het de volgende avond bewolkt, maar op 10 januari zag hij de Jupitersatellieten weer en nu bleek er slechts een tweetal zichtbaar, dat juist ten oosten van de planeet stond. Nu pas zag hij in, dat niet Jupiter, maar de sterretjes zich verplaatst hadden en daardoor werd het verschijnsel nog interessanter. Pas op 13 januari slaagde hij er in ook de vierde ster te zien en tenslotte trok hij de juiste conclusie, dat de planeet Jupiter begeleid wordt door vier heldere maantjes, die hun banen beschrijven om de planeet en in onze kijkers als sterretjes zichtbaar zijn naast Jupiter.

In de loop der tijden zijn er meer Jupitermaantjes ontdekt, maar alleen de vier van Galilei zijn zichtbaar voor een amateur met een niet te groot instrument. We zullen ons dus tot deze vier beperken, die in volgorde van hun afstand tot de planeet Io, Europa, Ganymedes en Callisto worden genoemd. Zij beschrijven nagenoeg cirkelvormige banen om de planeet en die vier cirkelbanen bevinden zich ongeveer in het equatorvlak van Jupiter. Dat heeft tot gevolg, dat we de vier maantjes altijd in het verlengde van de Jupiterequator zien staan als ze zichtbaar zijn, dus ongeveer in een rechte lijn. De afwijkingen daarvan zijn zeer klein, maar hebben interessante gevolgen, waarover we het straks nog zullen hebben.

Wanneer men pas een sterrenkijker bezit is het aanschouwen van de Jupitermanen, het opnieuw beleven van de sensatie van Galilei een interessante belevenis, die iedere amateur moet doormaken. Nog meer de moeite waard wordt het echter als men van tevoren de posities van die vier maantjes kan voorspellen. Dit is beslist niet moeilijk en kan door iedereen worden uitgevoerd. Natuurlijk kan men het direct aan een astronomische almanak ontlenen, maar er bestaan eenvoudige tabellen om het te berekenen. De beweging van de maantjes is namelijk buitengewoon regelmatig als de wijzers van een uurwerk en de ingewikkelde storingen zijn niet van belang, omdat ze alleen bij nauwkeurige metingen voor de dag komen.

Op een bepaald ogenblik bevindt een der maantjes bijvoorbeeld Io, zich juist midden voor Jupiter. We noemen deze stand 0°. Nu beweegt zij zich naar links (west) totdat zij na 10^h37^m

haar grootste westelijke elongatie heeft bereikt. Vanaf dat ogenblik begint Io weer naar rechts te bewegen en verdwijnt na ongeveer $9^1/_2$ uur achter Jupiter. Precies achter de planeet komt ze in bovenste conjunctie en heeft nu 180° van haar cirkelloopbaan doorlopen. Na twee uur verschijnt ze weer aan de andere kant van Jupiter, beweegt verder oostwaarts en bereikt tenslotte haar grootste oostelijke elongatie (270°), waarna ze naar haar punt van uitgang terugkeert om weer opnieuw aan een volgende ronde te beginnen. Het is duidelijk, dat we de positie in de baan precies weten als we kunnen berekenen hoeveel graden het maantje heeft afgelegd.

Voor de andere drie wachters geldt een soortgelijke redenering met dit verschil, dat de omloopstijd langer duurt. Tenslotte moeten we nog opmerken, dat de beweging van Io beschreven is voor een waarnemer die beschikt over een (omkerende) astronomische kijker, want in een rechtziende kijker of in een binocle zal men de maan eerst naar rechts en later naar links zien bewegen. De grootste westelijke elongatie bereikt Io nu ter rechterzijde, de grootste oostelijke elongatie aan de linkerkant van Jupiter.

Met behulp van de volgende tabel kunt u zelf de positie van de vier maantjes voor ieder moment tussen 1960 en 1970 (en later) berekenen. We tellen de getallen van jaar, maand, dag en het aantal uren bij elkaar op en verminderen zonodig de som met een aantal keren 360°. Bij schrikkeljaren kiezen we a voor de beide eerste maanden en b voor de rest van het jaar.

Jaartabel	Io	Europa	Ganymedes	Callisto
1960a	62.3	17.1	84.4	190.5
1960b	265.7	118.4	134.7	212.0
1961	348.9	9.8	110.3	135.1
1962	72.0	261.2	85.9	58.2
1963	155.2	152.7	61.5	341.3
1964a	238.3	44.1	37.1	264.4
1964b	81.7	145.4	87.3	285.9
1965	164.8	36.9	62.9	209.0
1966	248.0	288.3	38.5	132.1
1967	331.1	179.8	14.1	55.3
1968a	54.3	71.2	349.7	338.4
1968b	257.7	172.5	39.9	359.9
1969	340.8	64.0	15.5	283.0
1970	63.9	315.4	351.1	206.1

Maandtabel	Io	Europa	Ganymedes	Callisto
januari	0.0	0.0	0.0	0.0
februari	185.6	260.0	117.3	306.1
maart	120.9	216.2	83.8	187.8
april	306.5	116.2	201.1	133.9
mei	288.7	275.0	268.1	58.6
juni	114.3	175.0	25.4	4.7
juli	96.5	333.8	92.4	289.3
augustus	282.0	233.8	209.7	235.5
september	107.6	133.9	327.0	181.6
oktober	89.8	292.6	34.0	106.2
november	275.4	192.7	151.3	52.3
december	257.6	351.4	218.3	337.0

Dagtabel	Io	Europa	Ganymedes	Callisto
1	203.4	101.3	50.2	21.5
2	46.8	202.6	100.5	43.0
3	250.2	303.9	150.7	64.5
4	93.6	45.2	200.9	86.0
5	297.0	146.5	251.2	107.4
6	140.4	247.7	301.4	128.9
7	343.8	349.0	351.6	150.4
8	187.2	90.3	41.9	171.9
9	30.7	191.6	92.1	193.4
10	234.1	292.9	142.3	214.9
11	77.5	34.2	192.6	236.4
12	280.9	135.5	242.8	257.9
13	124.3	236.8	293.0	279.3
14	327.7	338.1	343.3	300.8
15	171.1	79.4	33.5	322.3
16	14.5	180.7	83.8	343.8
17	217.9	282.0	134.0	5.3
18	61.3	23.2	184.2	26.8
19	264.7	124.5	234.5	48.3
20	108.1	225.8	284.7	69.8
21	311.5	327.1	334.9	91.2
22	154.9	68.4	25.2	112.7
23	358.3	169.7	75.4	134.2
24	201.7	271.0	125.6	155.7
25	45.1	12.3	175.9	177.2
26	248.6	113.6	226.1	198.7
27	92.0	214.9	276.3	220.2
28	295.4	316.2	326.6	241.7
29	138.8	57.5	16.8	263.2
30	342.2	158.7	67.0	284.6
31	185.6	260.0	117.3	306.1
per uur	8.5	4.2	2.1	0.9

Alle tabellen gelden voor 20^hW.E.T. = 21^hM.E.T.

Als voorbeeld kiezen we de nacht van 14 op 15 juli 1960 en we berekenen de stand van de maantjes om middernacht W.E.T. We kiezen dan de waarden uit de tabel voor 14 juli en vermeerderen die met 4 uur. Als jaar nemen we 1960. We vinden dan:

	Io	Europa	Ganymedes	Callisto
jaar 1960b	265.7	118.4	134.7	212.0
juli	96.5	333.8	92.4	289.3
14 de	327.7	338.1	343.3	300.8
4 uur	34.0	16.8	8.4	3.6
totaal	723.9	807.1	578.8	805.7
aftrekken	720.0	720.0	360.0	720.0
over	1.9	87.1	218.8	85.7

De conclusie is dus: Io is waarschijnlijk nog voor de schijf van Jupiter te zien, want ze is juist aan een omloop begonnen (1°.9); Europa bevindt zich zover mogelijk naar links bijna in westelijke elongatie; Ganymedes is op weg naar de oostelijke elongatie, dus rechts van Jupiter en Callisto ten slotte bevindt zich ook bijna in westelijke elongatie en staat zeker twee keer zover ten westen (links) van Jupiter als Europa.

Deze getallen moeten nog gecorrigeerd worden, omdat ze berekend zijn voor een denkbeeldige waarnemer op de zon, terwijl deze zich in werkelijkheid op de aardbol bevindt, die zijn jaarlijkse baan om de zon aan het beschrijven is. Het verschil, dat we geocentrische correctie zullen noemen, moet bij de zojuist gevonden waarden worden opgeteld (of afgetrokken als het negatief is). We vinden het uit de volgende tabel:

1960	mrt. 24	— 5.7	1960	juni 20	5.4
1960	sep. 16	16.7	1961	jan. 5	5,5
1961	apr. 28	— 5.9	1961	juli 25	5.1
1961	okt. 21	16.2	1962	feb. 8	4.2
1962	juni 4	— 7.9	1962	aug. 31	3.0
1962	nov. 27	13.8	1963	mrt. 17	1.5
1963	juli 12	— 10.8	1963	okt. 8	0.0
1964	jan. 4	10.8	1964	apr. 22	— 1.6
1964	aug. 16	— 13.9	1964	nov. 12	— 3.0
1965	feb. 8	9.7	1965	mei 29	— 4.2

1965	sep. 19	— 16.0	1965	dec. 16	— 5.0
1966	mrt. 23	5.9	1966	juli 4	— 5.5
1966	okt. 22	— 16.6	1967	jan. 18	— 5.4
1967	apr. 16	5.7	1967	aug. 7	— 4.9
1967	nov. 23	— 15.3	1968	feb. 19	— 4.0
1968	mei 17	7.3	1968	sep. 8	— 2.8
1968	dec. 25	— 12.7	1969	mrt. 22	— 1.4
1969	juni 18	10.0	1969	okt. 9	0.2
1970	jan. 24	— 10.1	1970	apr. 22	1.8
1970	juli 19	13.2	1970	nov. 9	3.1

Wil men de juiste waarde weten voor een bepaalde datum dan maakt men van bovenstaande getallen een grafiek en leest daarop de preciese correctie voor de waarnemingsdatum af. Deze bedraagt bij ons voorbeeld 10.0, zodat nu de resp. lengten worden: 11.9; 97.1; 228.8; 95.7.

In figuur 46 zijn de bewegingen der satellieten schematisch voorgesteld. U neemt nu een stuk papier (gelinieerd), trekt daarop met potlood een horizontale lijn en merkt die in het midden met een klein cirkeltje voor de planeet Jupiter. We kiezen nu bijvoorbeeld Europa, waarvan de synodische lengte 97°.1 was, dus bijna 90°. Leg nu het papier zo, dat de horizontale streep op 97°.1 valt, d.w.z. boven de horizontale streep van 90°. Het gemerkte cirkeltje valt precies bij de lijn van 0′ en waar nu de golflijn 2 onze potloodstreep snijdt (als het gelinieerde papier niet te dik is, zal die golflijn er beslist doorheenschemeren) zetten we een stipje. Hier staat Europa. Om Ganymedes te plaatsen verschuiven we ons papier, zorgen dat de planeet zelf bij o′ blijft en dat de horizontale streep bij 229° komt. Waar nu golflijn 3 onze streep snijdt komt een volgend punt voor de positie van Ganymedes. Zo doen we natuurlijk net zo bij Io en Callisto. Het resultaat hiervan (fig. 47) geeft de stand der maantjes aan in een omkerende kijker. De nummers 1, 2, 3 en 4 zetten we naast de puntjes en wel aan die kant, waar ze zich heen gaan bewegen. In de jaren 1962-1966 staan de maantjes, die van rechts naar links bewegen (van oost naar west) iets lager dan die van links naar rechts lopen, terwijl ze tussen 1968-1972 juist iets hoger staan. In de kenteringsjaren 1961 en 1967 bewegen ze zich schijnbaar in rechte lijnen en nu kunnen er ook wederzijdse bedekkingen en eclipsen van de wachters onderling voorkomen, buitengewoon interessante ge-

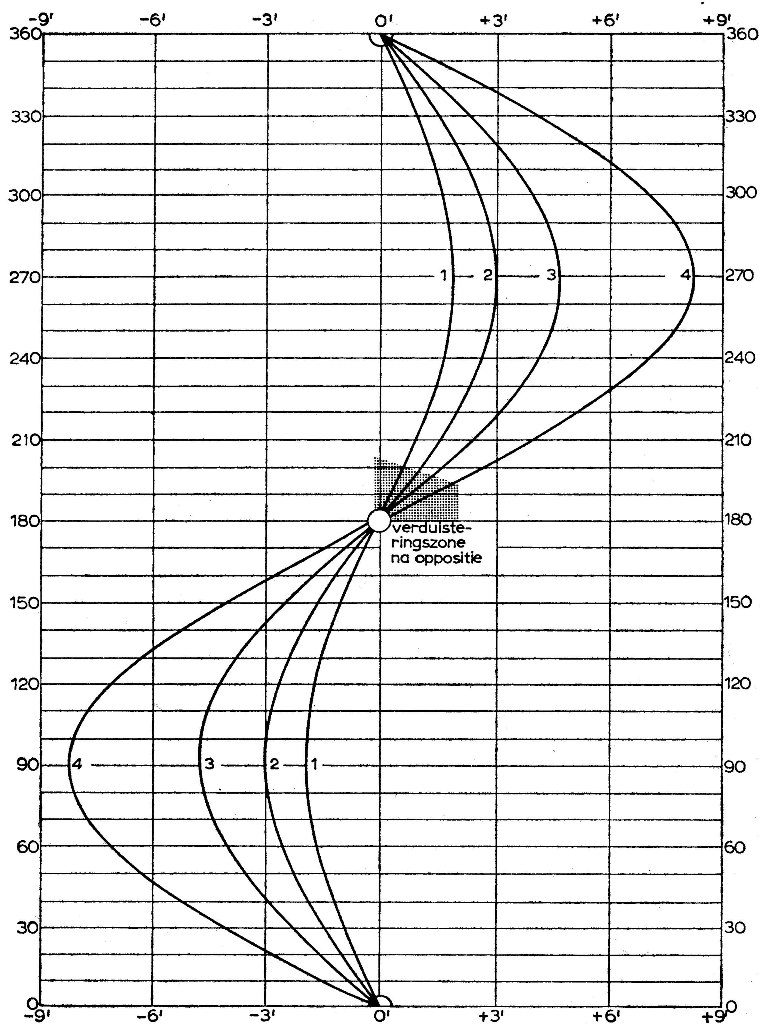


Fig. 46. Schematische voorstelling van de bewegingen der Jupitersatellieten om de configuraties te kunnen bepalen.

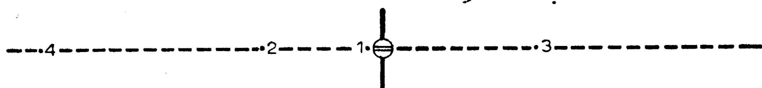


Fig. 47. De stand van de maantjes van Jupiter op 14 juli 1960 om 0 uur W.E.T.

beurtenissen, die zelfs in de astronomische almanakken meestal niet voorspeld worden.

Wanneer de weersomstandigheden overdag de verwachting van een heldere avond of nacht wettigen is het dus voor de ondernemende amateur een kleine moeite om zonder behulp van formules eenvoudig uit een paar optellingen en aftrekkingen de configuraties van de vier manen te voorspellen. Neemt men op deze wijze de maantjes enige tijd waar, dan zal men bemerken, dat het voorkomt dat een of meer der maantjes niet te zien zijn, ondanks een voorspelling. Dit kan gebeuren als haar lengte tussen 178° en 202° ligt. Dit komt niet doordat de betreffende maan zich achter de planeet verscholen houdt, maar ze kan zich in de schaduwkegel van Jupiter bevinden. Net als de aarde werpt Jupiter een lange schaduw en bij iedere omloop passeren Io, Europa en Ganymedes die schaduwkegel, zodat ze dan een poosje onzichtbaar zijn. Alleen Callisto kan soms net als onze maan juist aan een verduistering ontsnappen door onder of boven die schaduwkegel langs te gaan. Alleen als Jupiter in oppositie is wijst de lange donkere schaduw juist van ons af en is dus achter de planeet. Er voor of er na daarentegen bevindt zich de schaduw naast Jupiter, zodat de twee maantjes Europa en Ganymedes en soms Callisto zelfs onder gunstige omstandigheden eerst weer zichtbaar worden, nadat ze achter Jupiter langs zijn gegaan om daarna weer in de schaduw te verdwijnen en op een flinke afstand van Jupiter later weer zichtbaar te worden. Het passeren van de maantjes voor Jupiter langs is soms ook waarneembaar.

Tenslotte werpen ook de maantjes zelf schaduwen, die wij op de planeet kunnen zien als ronde donkere vlekjes, die zich in enkele uren over de planeetschijf verplaatsen. Zeer zeldzame gebeurtenissen zijn het bedekken van elkaar en het verdwijnen van een der maantjes in de schaduw van een andere. Dergelijke wederzijdse bedekkingen of verduisteringen komen alleen in

bepaalde jaren voor, wanneer de zon zich precies in het baanvlak der wachters bevindt. De geringe helling van de baan ten opzichte van de equator van Jupiter en van deze ten opzichte van het baanvlak van Jupiter spelen dan een rol.

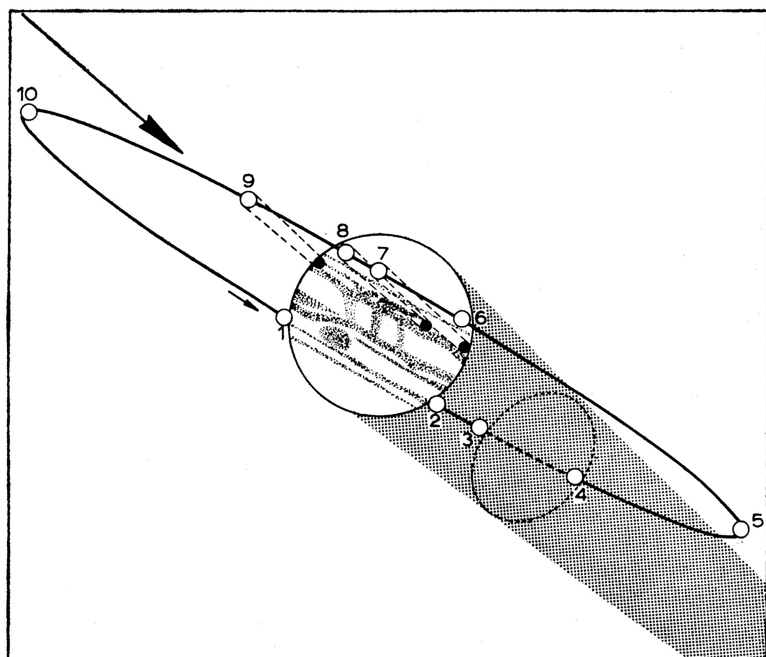


Fig. 48. De lotgevallen van een Jupitermaantje, zoals een amateur die kan waarnemen: 1. een bedekking begint; 2. de bedekking eindigt; 3. het begin van een eclips; 4. de eclips eindigt; 5. grootste oostelijke elongatie; 6. begin van een overgang; 7. er begint een schaduwovergang; 8. de overgang is bijna afgelopen; 9. het einde van de schaduwovergang; 10. grootste westelijke elongatie.

Het berekenen van al deze verschijnselen is tamelijk gecompliceerd. Een deel er van kan echter toch wel in eigen werkplaats geschieden, maar het zou ons hier te ver voeren dit alles te bespreken. De belangrijkste zijn te vinden in de astronomische jaarboeken en de waarnemer, die niet voldoende kennis bezit om zich in de berekening van deze dingen te verdiepen, kan het eenvoudigste deze tijdstippen uit de Almanak overnemen.

Figuur 48 geeft een samenvatting van de verschillende gebeurtenissen, die een waarnemer van de vier maantjes kan zien. Komende van grootste westelijke elongatie zien we een maan eerst achter Jupiter verdwijnen (1 in fig. 48). Er begint een bedekking of occultatie, waarvan het einde (2) een tijdje na de oppositie bij alle vier de maantjes, behalve bij Io waarneembaar is. Korte tijd na het einde der bedekking treedt de wachter in de schaduw van de planeet. Bij Io valt het einde der bedekking reeds in de schaduw, zodat zij onzichtbaar blijft. Na enige tijd treedt de maan uit de schaduw (4, einde der eclips). Voor de oppositie van Jupiter gaan de eclipsen aan de bedekkingen vooraf, terwijl vlak bij de oppositie deze gebeurtenissen praktisch samenvallen.

Na de eclips snelt het maantje naar haar grootste oostelijke elongatie om dan terug te keren naar Jupiter. Nu gaat ze over de planeetschijf; bij (6) begint de overgang, die bij (8) eindigt. Enige tijd na het begin der overgang (voor de Jupiteroppposities enige tijd er voor) begint de schaduwovergang (7 in fig. 48), die tot (9) duurt, waarna de maan zich weer naar haar grootste westelijke elongatie terug beweegt.

De planeet met of zonder ring

In de komende tien jaren zal de planeet Saturnus ieder jaar hoger aan de hemel culmineren. Daardoor zal er een periode aanbreken, waarin wij op onze noordelijke breedten zullen kunnen genieten van het schouwspel van een der merkwaardigste objecten van het heelal. Het is een wonderlijk gezicht, dat verscheidene beginnelingen op het pad der sterrenkunde geïnspireerd en aangespoord heeft om meer te weten te komen van de wonderen van het wereldruim.

Reeds een kleine kijker met 25- of 50-voudige vergroting biedt in dit geval een interessant aspect, maar er is toch op z'n minst een opening van 8 à 10 cm nodig met een vergroting van ongeveer 200 keer om gedetailleerde bijzonderheden te kunnen onderscheiden. In zo'n kijker zien we een bol, die duidelijk afgeplat is (net zoals trouwens Jupiter) aan de polen en waarop met veel moeite een iets lichtere equatoriale zone valt te onderscheiden begrensd aan weerskanten door een iets donkerder band. Soms zijn er sporen van andere banden te onderscheiden

en dan is er nog de grijsachtige sombere poolkap. In de eerstkomende jaren laat een kleine kijker ons zien hoe de schijf in tweeën wordt verdeeld door het verschijnsel, dat Saturnus beroemd maakt onder de planeten.... zijn bekende ring. Eigenlijk bestaat deze uit twee concentrische ringen, die gescheiden worden door een tamelijk nauwe donkere strook, de verdeling van Cassini genoemd naar de ontdekker er van J. D. Cassini.

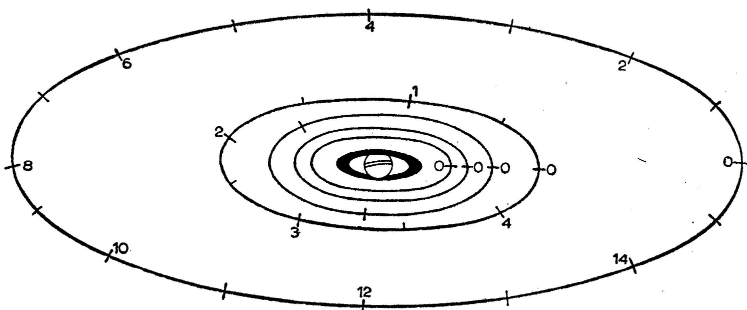


Fig. 49. Saturnus met zijn ring en de banen van een aantal van zijn maantjes in 1960. In volgorde naar de planeet toe: Titan, Rhea, Dione, Tethys en Mimas. Het punt o is de grootste oostelijke elongatie.

Van jaar tot jaar verandert de aanblik, die de ring ons op aarde biedt. Dat komt omdat Saturnus en zijn ringensysteem zich niet bewegen in het vlak, waarin de aarde om de zon draait, terwijl bovendien het ringenstelsel niet loodrecht staat op het baanvlak van de planeet. Dit lijkt gecompliceerd, maar het is eigenlijk buitengewoon eenvoudig. Neem een boek en leg dit op tafel, echter niet vlak, maar schuin door het bijvoorbeeld aan de rugkant te ondersteunen, zodat het daar een tiental cm hoger ligt. Wandel nu om de tafel, terwijl u er voor zorgt, dat uw ogen zich ongeveer ter hoogte van het tafelblad bevinden. Men ziet dan eerst de voorkant van het boek, daarna het boek van op zij, vervolgens de (ondersteunde) achterzijde en dan weer de zijkant. Het boek is de ring van Saturnus, die u dus een keer van boven (de noordkant) twee keer van op zij en een keer van onderen (de zuidkant) hebt gezien. In werkelijkheid is het Saturnus, die rondloopt en de aarde, die weliswaar om de zon draait, maar vanuit de geweldige afstand waarop Saturnus

zich bevindt gerust als een stilstaand punt midden in het zonnestelsel beschouwd mag worden. We krijgen dan een volkomen gelijk effect als bij het rustende boek en de bewegende waarnemer.

Over een omloop om de zon doet Saturnus ongeveer dertig jaar en in die tijd zien we de ringen dus twee keer geopend. Dit was het laatst in 1958 het geval en pas in 1973 zullen we ze weer open zien. Intussen zullen we ze steeds meer van „opzij" zien, zodat ze in 1965 zo smal worden, dat ze geheel zullen verdwijnen. Het ringenstelsel moet buitengewoon dun zijn, waarschijnlijk slechts enkele tientallen kilometers, terwijl de diameter van de buitenste ring niet minder dan bijna 140 000 km bedraagt. De ring is niet massief, maar bestaat uit zeer kleine stukjes ijs, die ieder afzonderlijk als een zwerm meteoren hun baan om Saturnus beschrijven en door hun groot aantal aan de ver verwijderde waarnemer de indruk geven van een ring.

De schijnbare diameter van Saturnus varieert van 15″ tot 20″, zodat een schaal 5″ = 1 cm hier ook voor tekeningen bruikbaar is. Toch moet men zich niet voorstellen, dat het eenvoudig is om details op deze planeet te onderscheiden, want weliswaar zijn er enkele donkere banden, maar ze zijn slechts duidelijk te zien in middelgrote kijkers (25 cm) terwijl vlekken of bijzonderheden in die banden zeer moeilijk te onderscheiden zijn. De bezitter van een kleine kijker moet zich tevreden stellen met de ring en de schaduw, die dit merkwaardige voorwerp op de planeetschijf werpt en die wel duidelijk te zien is. Toch loont het de moeite uit te zien naar witte vlekken, zoals er in augustus 1933 één is ontdekt door.... een amateur. Dergelijke witte vlekken komen zeer zelden voor en uit hun verplaatsing heeft men afgeleid, dat Saturnus in 10^h14^m een keer om haar as draait. Doordat ze echter zo zelden verschijnen is de rotatieduur niet nauwkeurig bekend, zodat hier nog interessante mogelijkheden liggen, mits er een witte vlek wordt ontdekt. Mocht er zo'n vlek niet verschijnen, dan kan de belangstellende amateur altijd zijn aandacht nog wijden aan de maantjes van de planeet, want ook het waarnemen daarvan stelt hoge eisen aan zijn instrument.

Titan de zichtbare, Rhea de zwakke, Japetus de raadselachtige

Na de ontdekking van de maantjes van Jupiter heeft Galilei later in zijn leven ook herhaalde pogingen gedaan om ook bij Saturnus wachters te ontdekken. Zijn pogingen bleken echter tevergeefs, de maantjes van Saturnus heeft hij nooit te zien gekregen. Zelfs de ring heeft hij nooit als ring ontdekt. Dit laatste was aan Huygens voorbehouden, die ook één van de wachters van Saturnus heeft ontdekt.

Het zal verscheidene amateurs vergaan als Galilei, althans wat de maantjes betreft. Het zien van de ring zal hun nog wel gelukken uitgerust met een bescheiden optiek, maar om de wachters van die planeet in het oog te krijgen zijn iets betere hulpmiddelen nodig. Met een brilleglas van 4 cm zal het hoogstwaarschijnlijk niet gelukken, zelfs niet om Titan de helderste van de satellieten te ontdekken. Saturnus heeft een negental manen, waarvan er voor amateurkijkers (met grote opening) maximaal zeven waarneembaar kunnen zijn. Het zijn de volgende:

maan	afstand tot Saturnus	omloopstijd	helderheid	afstand in ″ (gem.)
		d h	m	
Mimas	185 700 km	0 22.6 (syn.)	12.1	27
Enceladus	238 200	1 08.9	11.7	34
Tethys	294 800	1 21.3	10.6	43
Dione	377 700	2 17.7	10.7	55
Rhea	527 500	4 12.5	10.0	76
Titan	1 223 000	15 23.3	8.3	177
Japetus	3 563 000	79 22.1	10.1 tot 11.9	515

Bezit u slechts een kleine kijker dan adviseer ik u allereerst op zoek te gaan naar Titan. Dit is de helderste maan van Saturnus, die dan ook al door Huygens ontdekt werd. Zijn omloopstijd bedraagt bijna 16 dagen en in figuur 49 ziet u de baan van deze maan tezamen met die van andere genoemde uitgezonderd Japetus. Bij iedere baan is o geplaatst bij het punt van oostelijke elongatie (links in een omkerende kijker) en van daar uit is aangegeven waar de wachter zich bevindt na 1 dag, 2 dagen, 3 dagen enz. (voor Titan) of 12 uur, 24 uur, 36 uur, enz. (voor Rhea). Weten we dus de tijdstippen van oostelijke elongatie dan

kunnen we dus de positie van de satelliet opzoeken op een bepaalde datum. Slechts valt er nog op te merken, dat de maantjes zich ongeveer bewegen in hetzelfde vlak als de ring, zodat we ze niet altijd in ellipsbanen zien lopen, zoals in de figuur. Hoe verder we de ringen geopend zien, hoe meer we ook de banen van de maantjes als het ware geopend zien. Ze staan dan bij beneden conjunctie onder of boven Saturnus en bij boven conjunctie er boven of er onder al naarmate we respectievelijk tegen de zuidkant of de noordkant van de ring aankijken. Zijn de ringen bijna gesloten, dan bewegen zich de wachters ook bijna in een rechte lijn heen en weer en nu kunnen er ook bij Titan overgangen, verduisteringen, schaduwovergangen en bedekkingen plaatsvinden. Toch zijn die gebeurtenissen door de vrij grote afstand van Titan tot Saturnus vrij sporadisch. In 1950 is het voor de laatste keer het geval geweest en in 1965 zullen ze zich weer herhalen.

Mocht het gelukken om Titan op te sporen, tracht haar dan zo lang mogelijk te volgen in haar baan. Het zal dan blijken, dat dit vooral tijdens de conjuncties vrij moeilijk is. Als dat echter slaagt dan is het beslist mogelijk om Japetus te ontdekken. Dit zwakkere maantje beschrijft een veel wijdere baan om Saturnus in ongeveer 80 dagen. Japetus moeten we echter nooit gaan zoeken tijdens haar oostelijke elongatie, maar juist als ze zich zover mogelijk ten westen van Saturnus bevindt, want in haar westelijke elongatie is ze veel helderder, dan wanneer ze zich ten oosten van de planeet bevindt. Alleen moeten we uitkijken, dat we het maantje niet met een ster verwarren, want ze staat vrij ver van Saturnus af. Waarschijnlijk is haar oppervlak aan de ene kant helderder dan aan de andere zijde en kaatst dan ook meer licht terug. Als Japetus nu net als onze eigen maan naar de aarde, steeds dezelfde kant naar Saturnus toe keert, kunnen we begrijpen hoe dat verschil in helderheid vanuit de aarde gezien ontstaat. Tracht Japetus zo lang mogelijk te volgen!

Verscheidene waarnemers beweren, dat de helderheid van meer dan een van de satellieten van Saturnus varieert. Het is dus van belang om die helderheid te noteren op dezelfde wijze als dat bij veranderlijke sterren gebeurt. Dit soort waarnemingen wordt echter bemoeilijkt door de glans van de heldere planeet en haar ring. Deze maakt het moeilijk de andere satel-

lieten in een kleine kijker te zien, zodat het bijna onmogelijk is de helderheid er van te schatten. Lukt het toch een of meer der maantjes waar te nemen, gebruik dan Titan of eventuele zwakke sterren uit de omgeving als vergelijkingsobjecten, maar... maak een schetsje van die vergelijkingssterren, want anders wordt het later buitengewoon moeilijk die sterren te identificeren en iets met uw waarneming te doen.

Men beweert, dat het mogelijk is bij heldere lucht met een kijker van minimaal 8 cm opening de drie wachters Tethys, Dione en Rhea te ontdekken, overigens alleen vlak bij hun westelijke of oostelijke elongatie. Persoonlijk is het mij alleen gelukt om Rhea een enkele keer te zien met mijn 10 cm refractor. Het is mogelijk, dat de lage stand van Saturnus in de afgelopen tien jaar hier mede debet aan is en daarom zou het de moeite waard zijn als alle kijkerbezitters hier eens hun best op deden. Wanneer het u lukt er een of meer te zien, vergeet dan niet de helderheid te schatten en volg ze zo lang mogelijk in de loop van de nacht, want ze volbrengen hun omloop in korte tijd. De andere maantjes van Saturnus schijnen slechts in zeer grote (25 cm!) kijkers te zien te zijn.

Naar de grenzen van het zonnestelsel

Op 13 maart 1781 was Herschel bezig een aantal zwakke sterren waar te nemen in het sterrenbeeld de Tweelingen, bekend door de beide heldere sterren Castor en Pollux, toen zijn aandacht viel op een ster, die groter was dan de rest en verdacht veel leek op een komeet. Na dit merkwaardig gesternte een tijdje regelmatig te hebben geobserveerd kwam hij tot de conclusie, dat het geen komeet kon zijn, maar dat het object in een praktisch cirkelvormige baan om de zon liep, terwijl kometen òf zeer langgerekte ellipsbanen beschrijven òf een paraboolbaan om de zon volbrengen (of liever nimmer volbrengen, omdat een parabool geen gesloten kromme lijn is). De planeet Uranus was ontdekt, hoewel zij al eerder was waargenomen, namelijk zes keer door Flamsteed tussen 1690 en 1715, die haar echter voor een gewone ster had aangezien. Dat is dan ook het uiterlijk dat zij aan de amateur vertoont, als deze op jacht met zijn kijker haar aan de hemel weet te verschalken. Overigens is dat niet zo buitengewoon moeilijk, mits

men beschikt over een van tevoren voorspelde positie. In de reeds meer genoemde Sterrengids treft men dit ieder jaar aan, zodat men dan ook met de allerkleinste kijker deze ver verwijderde planeet (bijna 2 900 000 000 km, dat is twee keer zo ver weg als Saturnus) met een klein beetje moeite kan vinden, want haar helderheid is bij oppositie $5^m.7$, zodat zij eigenlijk voor het ongewapend oog zichtbaar zou moeten zijn. Probeer het eens!

Deze ver verwijderde wereld beweegt traag langs haar baan. 84 jaar duurt het voor zij een omloop heeft voltooid en tijdens zo'n omloop beweegt de bol zich op een vreemde wijze. Dat komt omdat de rotatieas bijna in het vlak van de ecliptica ligt, zodat we hetzelfde effect te zien krijgen als bij de ringen van Saturnus, maar nu nog in veel sterkere mate. De ene keer kijken we tegen de noordpool van Uranus op, 42 jaar later zien we echter de zuidpoolgebieden. Gedurende 21 jaren heerst een eindeloze poolnacht in een der poolstreken, die zich echter bij deze planeet bijna over de halve bol uitstrekken, terwijl boven de andere helft 21 jaar lang een zwakke zon, praktisch niet meer dan een heldere ster door de grote afstand, haar flauwe schijnsel permanent uitstrooit, althans voorzover dit doordringt in de dikke wolkenlagen van methaangas, die de planeet waarschijnlijk omhullen. Naast methaan vormt waterstof, zoals het spectrum toont en ook helium wel het voornaamste bestanddeel van de dampkring van deze planeet. Van dit vreemde gedrag van de planeet krijgen amateurs meestal niet veel te zien, want hoe vreemd ook het oppervlak er uit zal zien, de planeet is zo ver weg, dat alleen zeer grote kijkers er iets van laten zien. Uranus vertoont zich als een zeer klein groenachtig schijfje hoogstens 4″ groot, waarop bij hoge uitzondering en zeer sterke vergroting iets van een witte equatoriale zône te onderscheiden is.

Veel interessanter is het echter om de helderheid van de planeet te schatten door deze te vergelijken met bekende sterren in de buurt op dezelfde wijze als dit bij veranderlijke sterren gebeurt. In 1952 bleek, dat de helderheid merkwaardige fluctuaties vertoont, die niet verklaard kunnen worden. Weliswaar zal de planeet bij oppostie helderder zijn, dan enige tijd daarvoor of daarna en ook zal het verschil maken of we tegen de polaire of de equatoriale gebieden opkijken. Bovendien zal het

oppervlak van de planeet, dat tot die helderheid bijdraagt groter zijn als we tegen de polen opkijken, dan wanneer we de equator voor ons zien, als gevolg van de sterke afplatting ($^{1}/_{14}$, meer dan Jupiter!), maar dat alles kan men in rekening brengen en dan nog blijkt de magnitude op een grillige wijze te fluctueren en dat kan alleen verklaard worden door fysische oorzaken, bijvoorbeeld als er geweldige atmosferische storingen plaats vinden. Uitvoeriger gegevens zouden van zeer veel waarde zijn en dus wordt dit soort werk aan amateurs met kleine kijkers sterk aanbevolen.

Natuurlijk zal de rechtgeaarde amateur nooit verzuimen ook eens een poging te wagen om de verste der reuzenplaneten in zijn instrument te ontdekken. De planeet Neptunus 4 500 000 000 km ver weg, drie keer zo ver als Saturnus, is voor het blote oog volkomen onzichtbaar. Met behulp van het telkenjare in de Sterrengids gepubliceerde kaartje is het echter betrekkelijk eenvoudig deze dwaalster als een zwak hemellichtje van de achtste grootte ($7^{m}.7$) omstreeks de tijd van haar oppositie te vinden. Momenteel houdt zij zich in de Maagd op, zodat we haar aan de nachtelijke hemel in het vroege voorjaar moeten zoeken, terwijl het jaren zal duren voor ze het sterrenbeeld de Weegschaal zal hebben doorlopen, want er gaan meer dan 164 jaar voorbij voor ze een omloop heeft voltooid. Wij zullen haar dus niet meer in de Maagd zien terugkeren in ons leven. Naar details op het schijfje van nog geen 3″ behoeven we niet te gaan zoeken, dat is voorbehouden voor kijkers als de 60-duims telescoop van Mount Wilson of nog grotere. Dan is er iets van een vage equatoriale heldere zone te zien. Lichtwisselingen vertoont Neptunus nauwelijks en zeker geen ongewone fluctuaties, zodat deze zeer verre planeet de amateurastronoom niet veel interessants heeft te bieden.

De planeet Pluto, die nog verder weg kan zijn dan Neptunus (maar ook dichter bij, want haar baan ligt gedeeltelijk binnen die van Neptunus) is van de vijftiende magnitude en dus geheel onzichtbaar in kleine amateur-kijkers.

De kleine planeten

Tussen de baan van Mars en die van Jupiter bewegen zich een groot aantal kleine planeetjes of planetoïden. Deze lichamen

zijn in het algemeen slechts enkele kilometers groot en zelfs de omvangrijkste zijn nog niet te vergelijken met onze maan. Een groot aantal er van zijn in kleine kijkers waarneembaar, mits men weet waar men ze moet zoeken. In de Sterrengids worden de banen van de vier helderste Ceres, Juno, Pallas en Vesta ieder jaar afgebeeld, zodat men zijn krachten hierop kan beproeven. Sommige vertonen zeer merkwaardige helderheidsfluctuaties zoals bijvoorbeeld nr 15 Eunomia, die in enkele uren $0^m.5$ kan variëren. In dat geval zou men om het kwartier de helderheid moeten schatten door deze te vergelijken met naburige sterren. Daar dit soort werk echter eenvoudiger fotografisch gedaan kan worden, is het voor de visueel werkende amateur niet aan te bevelen. Wel kan men trachten zelf van tevoren te berekenen, waar en wanneer een bepaalde planetoïde in oppositie zal komen en dan is het de moeite waard om te trachten zo'n zelf voorspelde planeet zelf te ontdekken aan de kijker. Dergelijke voorspellingen eisen echter wat wiskundekennis en de amateur, die dat mist zal zich tevreden moeten stellen met de in de *Sterrengids* voorspelde banen en eventueel op andere plaatsen (*De Meteoor, Sky and Telescope*) naar verder materiaal moeten zoeken.

Wij hebben de planetoïden besproken in het kader van dit hoofdstuk, omdat ze deel uitmaken van ons planetenstelsel. Echte planeten die ons een schijfje vertonen, zoals Venus, Mars, Jupiter of Saturnus zijn het niet. Net als Uranus en Neptunus lijken het sterren en ze vormen als het ware een overgang voor de amateurkijker tussen planeten en echte sterren.

VIII. DE WERELD VAN ZON EN STERREN

Wat is een zonnevlek? — De echte sterren — Twee en meervoudige sterren — Veranderlijke sterren in soorten — Nevels en sterrenhopen — De raadselachtige staartsterren — Eenvoudige fotometrie — Sterren worden bedekt door de maan.

Wat is een zonnevlek?

De uitvinding van de kijker heeft een einde gemaakt aan een vóór die tijd onbetwistbare zekerheid; de zon, die steeds beschouwd was als de smetteloze dagvorstin bleek niet geheel van smetten vrij te zijn, maar af en toe ontsierd te zijn door donkere vlekken. Hoewel men beweert, dat het mogelijk moet zijn, de grootste van die zonnevlekken onder gunstige omstandigheden, zoals bij zonsondergang of tijdens zonsopkomst of wel door een ijle mist zonder hulpmiddelen dus direct met het blote oog waar te nemen, moet ik u bekennen, dat het mij althans nog nooit is gelukt. Misschien bent u daarin fortuinlijker, maar zeker is het, dat reeds de kleinste kijker voldoende is om ons de donkere vlekken op de dichtstbijzijnde ster, (want wat is de zon anders?) duidelijk te laten zien. Mocht men dus om gezondheidsredenen of anderszins de nachtelijke koude moeten vermijden en verlangt men desondanks zich in de wonderen van het heelal te verdiepen, dan biedt de zon daartoe een unieke gelegenheid. Men kan haar overdag waarnemen, begunstigd door het daglicht, zodat de omstandigheden voor dit werk in het algemeen gunstig uitvallen, ware het niet dat voor een liefhebber, die door bezigheden buitenshuis op werkdagen noodgedwongen afwezig is, het uitvoeren van een systematische reeks zonne-waarnemingen tot de onmogelijkheden behoort. Wanneer men dus tot de mensen behoort, die wel (bijvoorbeeld tussen 12 en 2 uur) overdag gelegenheid hebben een kwartiertje aan deze hobby te besteden, dan kunt u trachten regelmatig op alle heldere dagen de zon met de kijker waar te nemen.

Het is vanzelfsprekend onmogelijk dit zo maar te doen. Het zeer heldere zonlicht belet ons reeds zonder instrumenten direct

naar de zon te kijken, laat staan door een zoveel groter kijkerobjectief. Men kan nu twee wegen inslaan. De veiligste weg is de zogenaamde projectiemethode. Men projecteert het beeld van de zon door een oculair op een wit stuk karton, dat bevestigd wordt achter de kijker (plaat 3). De bevestiging moet zo zijn, dat men de afstand tot het oculair kan variëren en zo dus de grootte van het beeld naar wens kan veranderen, terwijl het tegelijkertijd mogelijk is het beeld scherp te stellen. Bij een koopkijker wordt meestal zo'n zonnescherm bijgeleverd. Een voordeel van deze methode is, dat nu meer dan één waarnemer tegelijkertijd kan kijken, zodat bij demonstraties van de kijker voor kennissen of belangstellenden dit de ideale oplossing genoemd moet worden. Voor een nauwkeurige studie van het beeld op het scherm, kan het gewenst zijn dit scherm en het hoofd van de waarnemende persoon in het schemerduister te brengen. Men zou bijvoorbeeld samen met het scherm onder een zwarte doek kunnen kruipen. De tweede manier is de zon direct waar te nemen door een zonneglas, dat een groot deel van de straling tegenhoudt.

Bijna altijd ziet men dan wel enkele vlekken op de zon. Soms zijn het kleine verspreide donkere puntjes, in andere gevallen zijn het hele groepen, die een duidelijke verzameling vormen van enkele grote vlekken, omringd door een groot aantal kleinere. Bij die grotere onderscheidt men de zeer donkere centrale kern of umbra, omringd door de minder donkere halfschaduw of penumbra, die in zeer veel gevallen een streperige structuur vertoont van radiële donkere lijnen, zoals foto's dat zeer duidelijk laten zien.

Het systematisch waarnemen van zonnevlekken bestaat hoofdzakelijk uit twee soorten werk. In de eerste plaats kan men de juiste plaats en het preciese aantal vlekken noteren. Meet eerst de diameter van de zon op het projectiescherm en teken daarna op een vel wit papier een cirkel met precies dezelfde middellijn. Dit bevestigt u aan het scherm en nu stelt u de zon zo in, dat ze juist samenvalt met die cirkel. Teken de plaats van een vlek aan en plaats daarna de zon weer in de cirkel en teken een tweede positie aan enz. Van een duidelijk zichtbare vlek volgt men de projectie als de zon langzaam uit het beeld schuift: om de tien tellen tekent men haar plaats aan op het papier en door de aangegeven puntjes wordt een rechte

lijn getrokken, zodat we nu de oost-west richting weten, want de zon beweegt van oost naar west. De centrale meridiaan, die noord en zuid loopt midden over de zonneschijf is dan tevens in de tekening aan te geven.

Het aantal zonnevlekken varieert van dag tot dag, maar ook van jaar tot jaar. Meestal karakteriseert men het door middel van het zogenaamde relatieve zonnevlekkengetal, dat door Wolf is bedacht. Men telt een vlek voor één en een groep voor tien, zodat we dat getal verkrijgen door het aantal groepen met tien te vermenigvuldigen en het aantal vlekken daar bij op te tellen. Individuele vlekken in een groep mogen natuurlijk niet meer worden meegeteld als de groep eenmaal is gerekend als groep. Het getal, dat men nu krijgt, moet nog met een voorlopig onbekende factor worden vermenigvuldigd om het relatieve zonnevlekkengetal te krijgen. Die factor hangt af van de gebruikte optiek en de gekozen vergroting. Wordt deze permanent gebruikt dan is die factor ook constant en ze kan dus na een serie waarnemingen van enkele maanden worden verkregen door onze zelf gevonden getallen te vergelijken met de zonnevlekkengetallen, die geregeld gepubliceerd worden door de Eidgenössische Sternwarte te Zürich en die o.m. in *Hemel en Dampkring* worden bekend gemaakt. Meestal verenigt men de dagelijkse getallen tot een maandelijks gemiddelde en daaruit is eventueel weer een jaarlijks gemiddelde af te leiden.

Het jaarlijkse zonnevlekkengetal blijkt aanzienlijk te variëren met een periode van ongeveer 11 jaar. Om de elf jaar ongeveer treedt er een uitgesproken maximum op met daartussen minima. Het laatste maximum vond juist enkele jaren geleden plaats. In de minima zijn er soms dagen lang bijna geen vlekken te zien, terwijl tijdens een maximum grote vlekken en uitgebreide groepen voorkomen. Deze variatie in de activiteit van de zon is ook voor de aarde van groot belang, want we zien dat allerlei aardse verschijnselen dezelfde elfjarige periodiciteit vertonen. In het poollicht, variaties in het aardmagnetisme, storingen in het radioverkeer, zelfs in de plantengroei en in het klimaat vinden we de zonnecyclus terug. Over de oorzaak van het verschijnsel weten we nog bitter weinig, hoogstens kunnen we ons wagen aan bepaalde speculaties.

Ook de plaats van een zonnevlek blijkt te variëren. Herhaalt men een zonnewaarneming van een bepaalde dag op de dag er

na, dan ziet men, dat alle vlekken en groepen zich hebben verplaatst. Dat wordt veroorzaakt door de rotatie van de zon; zij draait evenals de aarde om een as en wel van oost naar west. De zon draait veel langzamer dan de aarde en het duurt ongeveer 26 dagen voor we een vlek een volledige omwenteling zien voltooien. De juiste omwentelingsduur blijkt te variëren en hangt af van de breedte op de zon (de heliografische breedte). De rotatieas van de zon staat niet precies loodrecht op het eclipticavlak, waarin de aarde beweegt, maar maakt er een hoek van ongeveer 7 graden mee. Wel is de stand van die as vast in de ruimte, zodat we de zonnevlekken niet altijd op dezelfde wijze over de schijf zien verplaatsen. Dat hangt af van de stand van de aarde in haar baan (fig. 50) dus van de richting

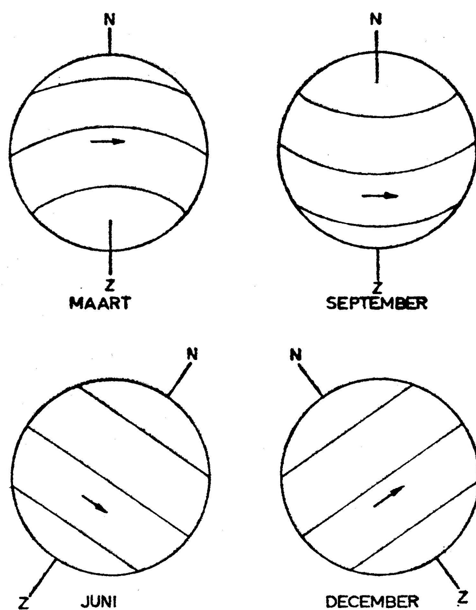


Fig. 50. De wijze, waarop een zonnevlek zich door de rotatie van de zon schijnt te verplaatsen, hangt af van het jaargetijde.

van waaruit we de zonneas zien. Dit is een verschijnsel, dat men zelf ongetwijfeld kan constateren. Wil men dus de lengte en de breedte van een zonnevlek meten, dan zal men hiermee

terdege rekening moeten houden. Het bepalen daarvan is een werk, dat het eenvoudigste kan gebeuren met een van tevoren gemaakt schabloon op transparantpapier, waarop de lengte en breedtegraden zijn aangebracht. Op deze wijze komen we echter bij de schrijftafelamateur terecht, waarover we het nu niet willen hebben.

Wanneer er interessante groepen op de zon te zien zijn, kan het de moeite lonen deze te tekenen in meer details met een grotere vergroting. In zo'n geval kan het nuttig zijn de zon direct waar te nemen. Vergeet echter nooit het objectief af te schermen tot de halve diameter met een diafragma er voor en tussen objectief en oculair een zonneglas in te schakelen. Hiervoor zijn donkere glazen in de handel, terwijl het ook mogelijk is gebruik te maken van filters, die slechts licht van zeer bepaalde golflengte (en kleur dus) doorlaten. *Bedenk, dat een vergissing u onherroepelijk van het gezichtsvermogen van één van uw ogen berooft!* Zonnevlekken vertonen een grote massa details. Om daar een beetje wegwijs in te worden is het raadzaam ze te classificeren. We geven u hier de door Brunner voorgestelde indeling in de groepen A tot I (fig. 51).

A zijn enkele vlekken of groepjes van alleen kleine vlekken.
B zijn grotere groepjes kleine vlekken zonder penumbra, vaak in paren.
C is een iets grotere vlek met een penumbra en een aantal kleinere.
D wordt gevormd door een paar grote vlekken met penumbra en een aantal satellieten van kleiner formaat.
E is een groep van een aantal kernen in een grote penumbra met daaromheen diverse kleinere, maar de penumbras zijn nog los van elkaar.
F is hetzelfde als E maar nu gelegen in een grote aaneengesloten penumbra.
G bestaat uit het restant van F; twee zeer grote vlekken met penumbra en nog enkele kleinere.
H één of twee grotere vlekken, terwijl zich in de penumbra nog de geïsoleerde restanten van enkele kernen bevinden. De kleinere verdwijnen.
I is de laatste rest, bestaande uit een grote vlek met penumbra en enkele kleinere.

Deze hiergekozen classificatie benadert de evolutie van een

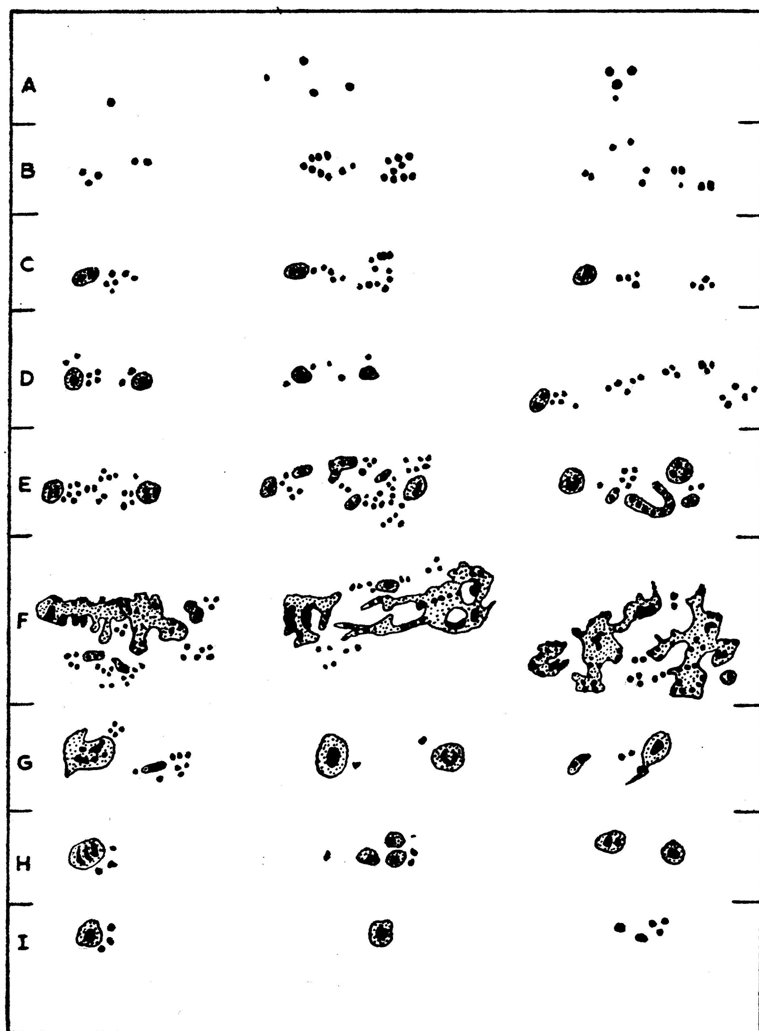


Fig. 51. Voorgestelde classificatie van zonnevlekken.

groep vlekken. Natuurlijk zijn er ook hier allerlei variaties mogelijk. Dit brengt ons vanzelf weer terug op de vraag, die ons uitgangspunt was: wat is een zonnevlek?

Het blijkt, dat een zonnevlek kouder is dan haar omgeving. De normale temperatuur van de fotosfeer, die de vlek omgeeft is 6000°, terwijl in de vlek de altijd nog respectabele temperatuur van 4500° wordt bereikt. Dit komt omdat daar ter plaatse minder warmte uit het inwendige van de zon omhoog wordt getransporteerd als elders. Uit het spectrum van een vlek blijkt, dat er in zo'n zonnevlek een magnetisch veld optreedt, dat het overal elders opborrelend zonnegas in zijn turbulente beweging remt. De opstijgende gasstromen, die wij op andere plaatsen van de zonneschijf kunnen opmerken als een vlokkerige structuur (de zogenaamde granulatie) ontbreekt in de vlekken. Boven in de vlek belemmert het daar heersende magneetveld de opstijgende gassen om het zonneoppervlak te bereiken, waardoor ook het warmtetransport wordt geremd. Dit verklaart de lagere temperatuur van de vlek, waardoor zij weer donkerder lijkt dan haar omgeving. De penumbra met zijn merkwaardige radiële structuur past echter nog niet logisch in dit beeld, maar moet er kunstmatig worden ingepast. Het blijft nog een vraagstuk, het bestaan en ontstaan daarvan te verklaren.

De echte sterren

De indrukwekkende schoonheid van de nachtelijke sterrenhemel, die amateur en vakman een inspiratie verschaft bij zijn soms gedetailleerde onderzoekingen vormt een flagrante tegenstelling met het felle licht van de heldere zonneschijn. Toch is diezelfde zon slechts één der duizenden sterren, waarvan zij zich door haar eigenschappen op geen enkele wijze door iets bijzonders onderscheidt. Die vele sterren daarentegen, waarvan het waarneembare aantal door het bezit van een kijker aangroeit van enkele duizenden tot miljoenen, vertonen een rijkdom van variatie, die aan de waarnemende amateur een onuitputtelijke bron van mogelijkheden verschaft om zijn activiteit te ontplooien.

Natuurlijk zijn de maan en de planeten aan de nachtelijke hemel de objecten, die men het allereerst zoekt en het is dan ook geen wonder, dat tal van liefhebbers zich daartoe aller-

eerst voelen aangetrokken en zich later op dit terrein gaan specialiseren. Maar slechts de helft van de in ons klimaat vrij schaarse heldere nachten schijnt de maan en er gaan dikwijls maanden voorbij, waarin ook de planeten verstek laten gaan. Toch biedt de rijke sterrenpracht, die de heldere nachthemel dan over ons uitstrooit even goed tal van mogelijkheden om een sterrenkijker doeltreffend te exploiteren.

Wanneer het instrument niet te klein is, kunt u zich gaan toeleggen op dubbelsterren. Eigenlijk moest er geen enkele amateur zijn, die niet alle dubbelsterren, die zijn kijker kan laten zien, toch minstens eenmaal heeft waargenomen. Met een eenvoudig meetplaatje in het oculair is het mogelijk afstand en positie van zulke uit twee of meer componenten bestaande sterren te schatten en zo zelfs eigen metingen te doen.

De kijker vergroot het aantal waarneembare veranderlijke sterren tot een zo groot aantal, dat het zelfs voor de ijverigste amateur onmogelijk wordt ze allemaal regelmatig waar te nemen. Het is echter de moeite waard er een keus uit te doen om zo met eigen ogen de manifestaties te aanschouwen van gebeurtenissen op werelden op vele lichtjaren afstand.

Het zou niet eenvoudig zijn om een kort overzicht te geven van al dit soort sterren bereikbaar met een kleine kijker. Hiertoe wordt dan ook in de volgende bladzijden geen poging gedaan, we beperken ons tot een aantal bijzondere objecten.

Twee en meervoudige sterren

Bij de beschrijving van de merkwaardige veranderlijke ster Algol in hoofdstuk III zijn de dubbelsterren ter sprake gekomen. We hebben daar al het verschil onderstreept tussen een fysische dubbelster en een optische, welke laatste slechts ontstaat doordat twee sterren op zeer grote afstand van elkaar in de ruimte gelegen toevallig vanuit de aarde in ongeveer dezelfde richting worden gezien, terwijl de echte of fysische dubbelster bestaat uit een stelsel werkelijk bij elkaar behorende sterren, die een baan beschrijven om een gemeenschappelijk zwaartepunt.

Natuurlijk is het voor de man achter de kijker, die ontdekt, dat een bepaalde ster niet uit één, maar uit twee componenten bestaat, op het ogenblik van waarneming ondoenlijk te beslissen

of hij een optische of een fysische dubbelster voor zich ziet. Dit kan pas met zekerheid worden geconstateerd, als men bemerkt heeft, dat beide sterren zich ten opzichte van elkaar verplaatsen. Daar evenwel die bewegingen dikwijls uiterst langzaam zijn en vele tientallen jaren in beslag nemen, is dit criterium lang niet altijd bruikbaar. In ieder geval is het dus van het grootste belang de onderlinge afstand van de beide componenten precies op te meten en vast te leggen. Dit gebeurt op de volgende wijze (fig. 52): in het brandvlak van het oculair

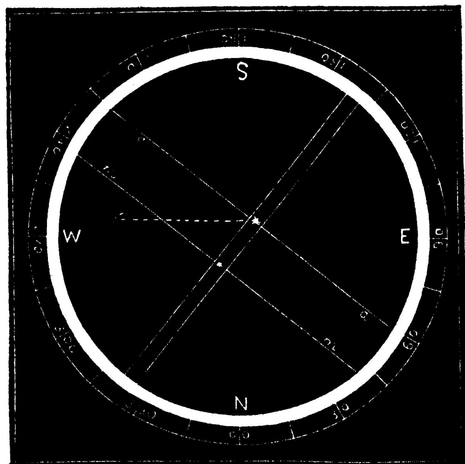


Fig. 52. Oculairmicrometer bestaande uit een systeem van draden om de afstand en positie van dubbelsterren te meten.

brengt men een stelsel draden aan, dat loodrecht op elkaar staat en waarvan een tweetal (a en m) zo zijn geconstrueerd, dat m beweegbaar is ten opzichte van a en de afstand van a tot m in iedere stand kan worden afgelezen op een micrometerverdeling. Daar deze afstand aan de hemel met een zeer kleine hoek overeenkomt wordt ze gemeten in boogseconden. De twee andere draden, die loodrecht op a en m staan, worden zo geplaatst, dat de beide sterren er juist tussen liggen en hun stand is nu af te lezen op de gradenverdeling van de grote cirkel (320°). Deze gradenverdeling loopt van noord (onder) via oost (rechts) en zuid naar west van 0° tot 360°. Men noemt dit de

positiehoek en deze wordt altijd gemeten van de zwakkere ster ten opzichte van de heldere component.

Het bouwen van zo'n draadmicrometer is een zeer zorgvuldig ingenieus werkje en er is mij geen enkele amateur bekend, die dat ooit heeft gedaan. Men kan echter op veel eenvoudiger wijze te werk gaan, mits de kijker een parallactische opstelling heeft. Teken daartoe op wit papier in zwarte inkt een zeer nauwkeurige schaal van 1 tot 10 cm over van een liniaal en vergeet de streepjes van mm en halve cm niet. Fotografeer dit met een kleinbeeld camera op voldoende grote afstand op een goede film. Is de verkleining niet voldoende, teken dan een grotere figuur. Het negatiefje wordt tussen twee glazen plaatjes gekit en in het brandvlak van het oculair aangebracht. Dit kan dus alleen als dit bereikbaar is, zodat in dit geval Huygens-oculairen onbruikbaar zijn. Meet nu de afstand van de beide sterren van een aantal bekende dubbelsterren en ijk daarmee uw schaalverdeling. Het is zeer eenvoudig mogelijk het oculair met de meetlijn draaibaar te maken in haar fitting en de hoek van draaiing af te lezen, zodat we tevens de positiehoek kunnen meten. Bij een heldere ster zal de schaalverdeling van zelf zichtbaar zijn, bij een zwakkere zal het nodig zijn het veld te verlichten, door er een beetje licht in te werpen via een zaklantaarnlampje voor het objectief.

Een goede werking van een dergelijk eenvoudig toestel mag men alleen verwachten bij een soliede opgestelde kijker bij voorkeur met een drijfwerk, die de sterren in hun bewegingen volgt. De richting oost-west bepaalt men door een der beide componenten het veld te laten doorlopen.

Slechts een klein aantal fysische dubbelsterren kan in hun beweging worden gevolgd en dan nog alleen in de loop van een geheel mensenleven! Uit hun schijnbare baan vindt men de ware baan. Dit is voor een schrijftafelamateur een zeer interessant werkje en het is voor de astronoom ook buitengewoon dankbaar, want het stelt hem in staat de massa's van de beide sterren gezamenlijk te bepalen, populair gezegd: ze te wegen. In veel gevallen is het bovendien ook mogelijk dan de massa's van de individuele sterren te vinden. Op deze wijze zijn de dubbelsterren van buitengewoon grote waarde voor onze kennis van de sterren als geheel gebleken, daar ze ons bijvoorbeeld op de hoogte brachten van het bestaan van witte dwergsterren.

Het bekende voorbeeld daarvan is de ster Sirius, de helderste ster aan onze hemel op 50° N.Br., die we in de winternachten tamelijk laag in het zuiden zien staan. In 1862 ontdekte Clark, dat Sirius een dubbelster was, maar de begeleider is buitengewoon zwak.

Sinds zijn ontdekking heeft dit sterretje nu ongeveer twee omwentelingen om Sirius volbracht, want de periode is ongeveer 50 jaar. Uit de baanbeweging volgt, dat de massa omstreeks 40% is van die van Sirius, maar de helderheid van die toch tamelijk zware ster bedraagt slechts een tienduizendste deel van de helderheid van Sirius. Het moet dus een erg klein sterretje zijn, dat buitengewoon zwaar is, vandaar de naam dwergster. Het blijkt, dat de straal van deze dwerg slechts 0.03 keer de straal van de zon is. Een dergelijk klein sterretje met een zo groot gewicht kan alleen bestaan als de materie daar heel dicht opeengepakt zit. Het gewicht van de gassen, waaruit Sirius B bestaat is 50 000 keer dat van water, zodat een luciferdoosje vol reeds bijna 1000 kg zou wegen! Die gassen bevinden zich daar dan ook onder zeer extreme condities, zoals wij die op aarde niet kennen. De atomen zijn er beroofd van al hun electronen, die onder normale aardse omstandigheden om de atoomkern bewegen als planeten om de zon. Het gasmengsel bestaat dus uit losse atoomkernen en electronen en kan dan tot een grote dichtheid worden samengeperst, omdat de luchtige atoombouwsels geheel in elkaar zijn gestort. Het is alsof alle stenen van alle gebouwen van een grote stad tezamen op een grote hoop zijn geworpen, waardoor ze natuurlijk veel minder ruimte innemen. Dubbelsterren waren het, die ons de witte dwergsterren deden ontdekken, waarvan er later ook langs andere wegen een aantal zijn gevonden. Ook hier blijkt weer, dat aan iedere merkwaardigheid, die we in een eenvoudige kijker zien, dikwijls een lange geschiedenis is verbonden.

Veranderlijke sterren in soorten

In hoofdstuk III zijn de verschillende soorten veranderlijke sterren ter sprake gekomen. Reeds daar hebben we de bedekkingsveranderlijken genoemd, waarvan Algol wel de meest bekende is. Daarnaast waren er nog een drietal sterren te vermelden, die zonder kijker kunnen worden gevolgd bij hun

helderheidswisseling. Met een kleine kijker echter verdubbelt zich dat aantal tot acht (zie de lijsten achter in het boek). Ook van de Cepheïden, die merkwaardige sterren, waarvan men de afstand kan vinden uit de periode, waarin ze van helderheid wisselen, zijn er met een instrument een paar meer te zien.

Het interessantste zijn echter de langperiodieke variabelen; de zogenaamde Mirasterren. Zonder kijker is het niet mogelijk om veel van hun lichtwisseling waar te nemen, maar voor het gewapend oog wordt dat anders. Nu kan men een groot aantal van deze sterren gedurende een behoorlijke tijd volgen en doordat hun magnitude zo sterk varieert is het schatten van de helderheid liefst twee keer per maand dankbaar werk. In onze tabel (zie achter in het boek) hebben we de voornaamste Mirasterren opgenomen, die in een kleine kijker zichtbaar worden, terwijl we tevens de datum van het eerste maximum in 1960 vermeld hebben. Met de ook opgegeven periode kan men eventuele volgende maxima berekenen. In hun minimum zijn ze niet allemaal zichtbaar, omdat ze dikwijls zwakker worden dan de tiende magnitude. De kaartjes van figuur 53 bevatten vergelijkingssterren voor de omgeving van enkele bekende, namelijk Mira zelf (o van de Walvis), R van Andromeda, R van de Leeuw, W van Orion, R van het Schild en R van Boötes. R van het Schild en W van Orion zijn gekozen als voorbeelden van de half-regelmatige variabelen. Deze zijn niet zo volkomen regelmatig als de Mirasterren, hoewel het toch wel mogelijk is ongeveer de lengte van hun periode te bepalen. Daarnaast bestaan er verscheidene onregelmatige veranderlijke sterren, die dikwijls zeer grillig van helderheid veranderen, zonder dat men de juiste oorzaak kent. Juist een regelmatige waarneming daarvan door amateurs is een blijvende waardevolle bijdrage voor de wetenschap.

We zijn in ons lijstje allerminst volledig geweest. Naast de door ons vermelde sterren, zijn er in de kijker beslist nog wel meer waarneembaar. Eigenlijk is het veranderen van de helderheid van een ster een heel gewoon feit, want lang niet al die geweldige gasbollen zullen in een permanent evenwicht tussen uitgestraalde en geproduceerde energie verkeren. Reeds een zeer geringe verstoring van dat evenwicht kan tot lichtwisselingen leiden.

Er is nog een laatste groep sterren, die we niet onvermeld

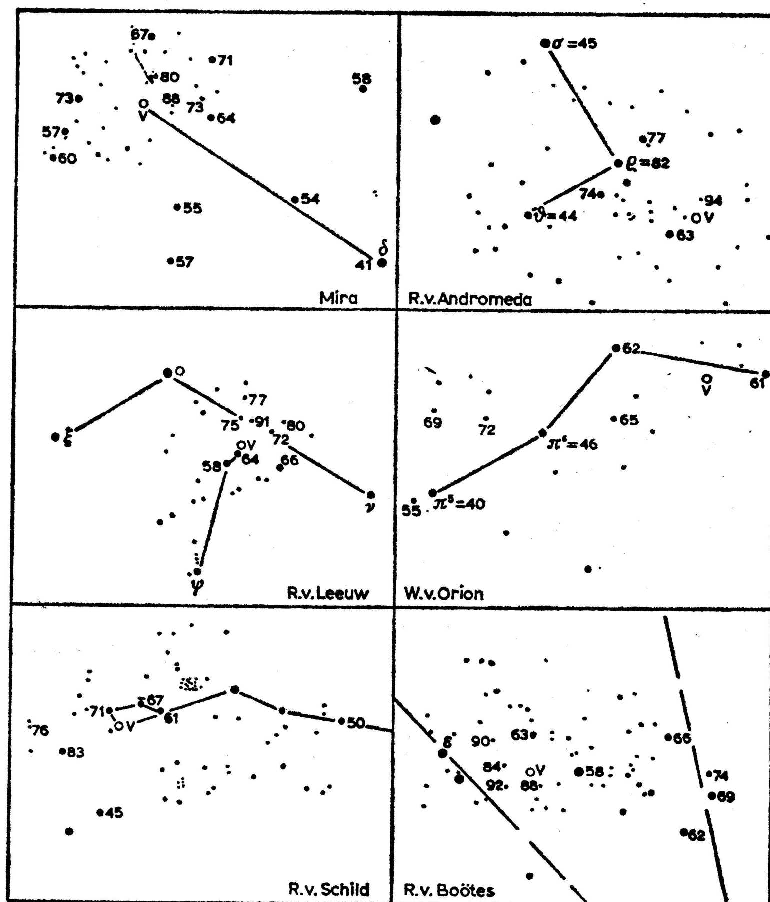


Fig. 53. Zes veranderlijke sterren met hun omgeving, waar kijkerbezitters hun krachten op kunnen beproeven om ervaring op te doen. De helderheden der vergelijkingssterren staan in tienden van magnituden zonder decimaalteken.

willen laten, namelijk de langperiodieke bedekkingsveranderlijken. De periode van deze objecten wordt niet gemeten in dagen, maar in jaren. Voor de ster VV van Cepheus bedraagt ze maar liefst 20 jaar Als er zo'n sterbedekking plaatsvindt kan de amateur waarnemen, hoe de helderheid van de ster langzaam afneemt van $4^m.9$ tot $5^m.7$. De eclips wordt veroorzaakt

door een betrekkelijk kleine ster met een hoge temperatuur, die om een reusachtige rode ster een baan beschrijft. Als de witte kleinere component achter de rode reus begint te verdwijnen, begint de helderheid van het stelsel te verminderen. Dat duurt enkele maanden, want de rode reuzenster heeft een zeer uitgebreide atmosfeer en de eerste weken schijnt de witte ster nog wel door die dampkring heen. Als zij langzaam voortschrijdt in haar baan, duikt ze steeds achter diepere lagen van de atmosfeer en de helderheid wordt nog minder. De astronoom, die met één van de grootste kijkers ter wereld het verschijnsel volgt is in staat spectra op te nemen, die het spectrum van de witte ster vertonen achter de sluier van nevels, die de rode ster omgeven en zo is het mogelijk gebleken de hoogte na te gaan, waarop bepaalde gassen zich in de atmosfeer bevinden bij zo'n rode neus. Het bleek bovendien, dat die hoogte variabel en niet bij iedere eclips even groot is. Drie van zulke merkwaardige sterren kunnen door amateurs worden waargenomen, twee in de Voerman en VV van Cepheus. Probeert u eens iets van de komende eclipsen te ontdekken! De tijdstippen ervan vindt u in de lijst.

Nevels en sterrenhopen

Ieder populair boek over sterrenkunde fascineert de lezer door zijn prachtige illustraties. Vooral de bouw van het melkwegstelsel en de menigte van spiraalnevels, die het heelal bevolken en waarvan de grillige vormen zich op diverse foto's manifesteren vormen in zo'n boek een boeiend hoofdstuk, dat bij velen de belangstelling voor de sterrenkunde doet ontwaken. Schaf u echter nooit een kijker aan met de bedoeling hierdoor deze wonderen te gaan aanschouwen met uw eigen ogen, want het geld, dat dan aan dat instrument wordt uitgegeven kan beter besteed worden. Het is ruimschoots voldoende om er een aantal boeken met prachtige illustraties voor te kopen en zo bespaart men zich een bittere teleurstelling! Die prachtige foto's zijn immers zonder uitzondering gemaakt of met speciaal voor fotografie gebouwde lichtgevoelige instrumenten of met de grootste kijkers ter wereld, de beide reuzentelescopen op de Mount Wilson, de kijkers van Lick, Yerkes of Mac Donald of de gigantische spiegeltelescoop op Mount Palomar (5 meter diameter!).

Juist bij dit soort objecten, die door hun zeer geringe helderheid praktisch ontoegankelijk zijn voor kleine kijkers, kunnen die reuzenkijkers hun prestatievermogen demonstreren, maar hier faalt dan ook iedere amateur met zijn bescheiden middelen.

Natuurlijk is het wel belangwekkend om met het blote oog de Andromedanevel op te zoeken en te bedenken, dat het licht van dit zwakke nevelvlekje meer dan twee miljoen jaar met de fantastische snelheid van 300 000 km/sec naar ons onderweg is geweest. Met een kijker zijn er ook wel enkele andere van dat soort sterstelsels te ontdekken, maar hun aantal is zeer beperkt en in de gunstigste omstandigheden lukt het ons ze te vinden als een zeer zwak nevelachtig vlekje, waarin geen structuur valt te ontdekken, zoals men op foto's bij spiraalnevels ziet. Alleen het weten wat men hier voor zich ziet, kan in dit geval de grote moeite belonen, die nodig is om het onaanzienlijk vlekje te vinden en dat kan de amateur verzoenen met het armzalige resultaat. Volgens Shapley, een bij uitstek deskundige op dit gebied, zijn de volgende extragalactische nevels met een eenvoudige kijker waarneembaar:

naam van de nevel of sterrenbeeld	*nummer bij Messier*	*nummer in de N.G.C.*	*m*	*soort nevel*
Andromedanevel	M 31	224	4.5	spiraalnevel
Driehoeknevel	M 33	598	6.7	„
Nevel bij β Walvis		253	7.6	„
in Grote Beer	M 81	3031	8.1	„
in Jachthonden	M 104	4594	8.6	„
in Grote Beer	M 101	5457	8.6	„
in Hoofdhaar	M 64	4826	8.7	„
in Jachthonden	M 94	4736	9.0	„
in Grote Beer	M 82	3034	9.2	„
begeleider M 31	M 32	221	9.3	elliptische nevel
in Giraffe		2403	9.3	spiraalnevel
in Jachthonden	M 51	5194	9.3	„
begeleider M 31		205	9.5	elliptische nevel

Hoewel de bovenstaande objecten behalve de Andromedanevel (nr 31 in de catalogus van Messier en nr 224 in de *New General Catalogue)* geen van alle zonder kijker zichtbaar zijn, hebben we ze toch op onze sterrenkaarten opgenomen om het opzoeken er van voor de liefhebber enigszins te vergemakkelijken. Dit

zal desondanks geen eenvoudig werkje zijn en kan het beste gedaan worden met behulp van een grote sterrenatlas, waarmee men ook de zwakkere sterren kan identificeren, zodat men van ster tot ster gaande precies de nevel kan zoeken. Om teleurstelling te voorkomen zoekt men eerst echter de Andromedanevel en kijk dan eens of u de beide begeleiders kunt zien, dan weet men meteen wat de kijker presteert.

Hoewel de meesten bij nevels natuurlijk direct aan de zogenaamde spiraalnevels denken, dat zijn dus de extragalactische nevels, die zo genoemd worden omdat ze zich buiten ons eigen melkwegstelsel bevinden, terwijl ze vaak een spiraalvorm vertonen (maar ook vaak een elliptische gestalte!), toch mag men niet vergeten, dat er ook nog andere soorten nevels bestaan. De extragalactische nevels zijn niet anders dan geweldige conglomeraties van sterren en interstellair materiaal, maar door hun enorme afstand zien we zelfs met reuzenkijkers het merendeel als een zwak nevelachtig vlekje. Zo is het natuurlijk met iedere sterrenverzameling, die voldoende ver weg staat. Ook in onze melkweg zelf zijn er zeer veel sterrenhopen, die er in kleine kijkers uitzien als een nevelvlekje. Daarnaast zijn er bovendien heel wat echte nevels in de melkweg, zowel lichtgevende als donkere. Enkele van de meest bekende zijn bijvoorbeeld de Orionnevel en de ringnevel in de Lier. De eerste behoort tot de zogenaamde gasnevels, die bestaan uit gassen, die door hete sterren in hun omgeving tot lichten worden gebracht. Ontbreken die hete sterren, dan zien we een donkere nevel, of we zien haar eigenlijk niet, maar merken haar bestaan op, doordat ze het licht van de verder achter haar gelegen sterren tegenhoudt. Soms zijn er zeer grillige overgangen tussen dergelijke lichte en donkere nevels, maar visueel zal men die in de kijker nooit zo zien als op foto's, die met lichtsterke kijkers gedurende urenlange belichtingen zijn gemaakt. De Orionnevel is dubbel belangwekkend omdat er zich in de nevel een viervoudige ster bevindt. De ringnevel behoort tot de planetaire nevels, die een schijfvormig uiterlijk vertonen, waar ze hun naam aan ontlenen, terwijl ze overigens niets met planeten uit te staan hebben. In sommige gevallen kan zo'n schijfje een ringvorm vertonen.

Ook het opzoeken van dit soort nevels met een kleine kijker is een tijdrovend werkje en vaak teleurstellend. In de jaren

1771 tot 1784 heeft Messier, een Franse sterrenkundige een lijst uitgegeven van de nevels en sterrenhopen, die hij met zijn bescheiden instrumentarium kon waarnemen en deze lijst is voor de amateurs van onze tijd nog altijd de meest geschikte. Wij

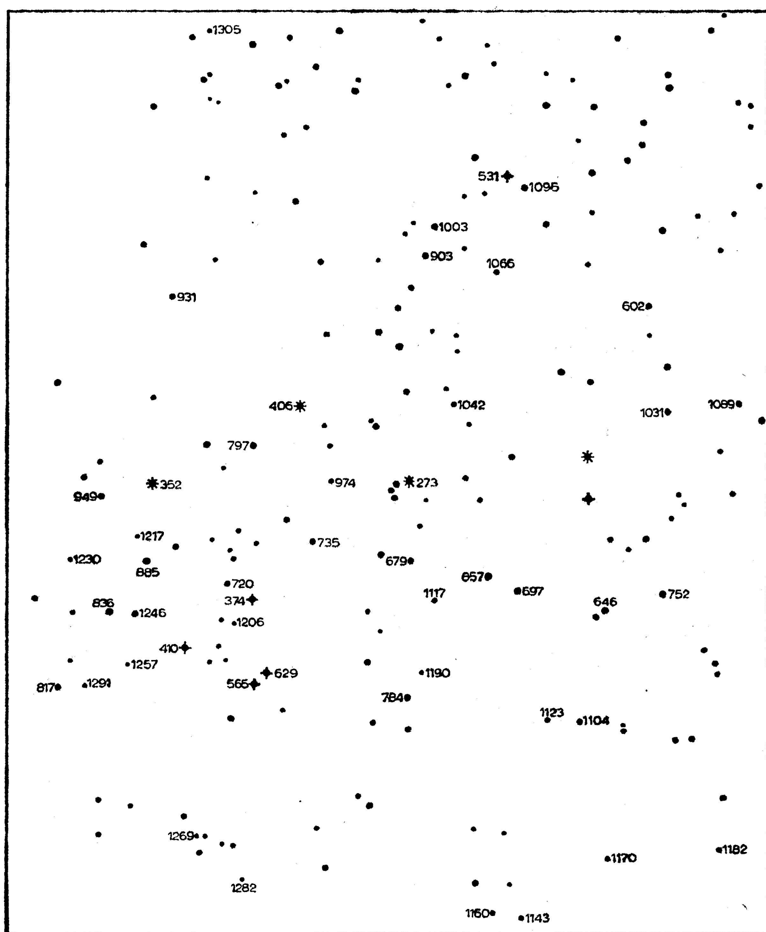


Fig. 54. De Pleiaden of het Zevengesternte vormen een prachtige zonder kijker reeds opvallende sterrenhoop. Met een kijker zijn er een groot aantal sterren te zien. In de figuur zijn de helderheden van een aantal er van opgegeven, zodat men haar kan gebruiken om de lichtwinst van een kijker te bepalen. (Helderheden in honderdsten van magnituden zonder decimaalteken).

hebben haar dan ook achter in dit boek opgenomen, maar op de sterrenkaarten zijn niet alle Messier-objecten aangegeven, omdat ze dan in bepaalde gebieden (bijvoorbeeld het sterrenbeeld Hoofdhaar) veel te vol zouden worden. Daarom zijn ook de coördinaten van de objecten, dus rechte klimming en declinatie in de lijst vermeld.

De sterrenhopen worden verdeeld in twee categorieën, open en bolvormige sterrenhopen. Die laatsten bevinden zich vaak op zeer grote afstand aan de grenzen van ons melkwegstelsel tot op honderdduizenden lichtjaren toe. Het zijn verzamelingen van vele duizenden sterren, die zich praktisch in een bolvor-

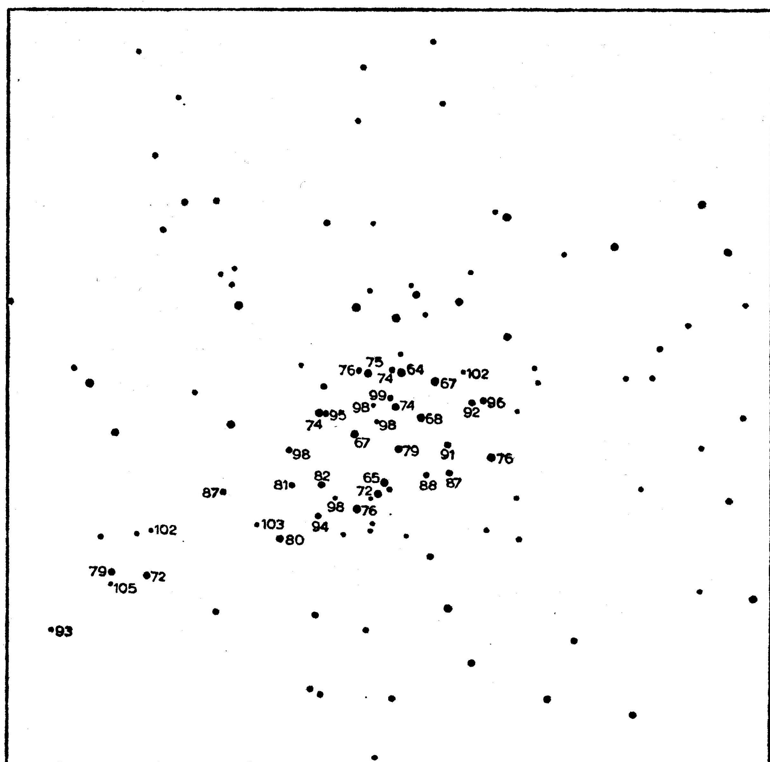


Fig. 55. De sterrenhoop Praesepe of de Krib bevindt zich in de Kreeft. Ook hiermee is de grensgrootte van een kijker te bepalen, want van een aantal sterren is de helderheid in tienden van magnituden opgegeven zonder decimaalteken.

mige ruimte bevinden met een sterke concentratie naar het middelpunt. De mooiste is in het sterrenbeeld Hercules, maar deze is nog net niet met een 10 cm kijker in afzonderlijke sterren te splitsen. Zelfs dan ziet u haar dus nog als een neveltje.

Anders is het met de open sterrenhopen. Hiervan zijn enkele zeer bekend, zoals de Pleiaden (fig. 54) en Praesepe (fig. 55). Het loont in dit geval nu eens wel de moeite om deze sterrenverzamelingen met een kleine kijker nader te gaan bekijken. Probeer de zwakste ster te vinden, die in de Pleiaden nog valt te ontdekken! Let ook op het grote aantal dubbelsterren in Praesepe en tel eens het totale aantal sterren in zo'n hoop. Het zijn ideale objecten om te tekenen en om u te oefenen in het schatten van helderheden. Een prachtige dubbele sterrenhoop bevindt zich op de grens van de sterrenbeelden Perseus en Cassiopeia, maar draagt merkwaardigerwijze geen Messiernummer. Het zijn de beide hopen χ en h in Perseus en iedere keer, dat men ze bekijkt zal men getroffen worden door het prachtige schouwspel van een geweldig aantal zeer zwakke lichtpuntjes, even zoveel zwakke sterretjes, vlak bij elkaar, tegen de zwarte achtergrond van de donkere nachthemel, flonkerend als diamantjes op een zwart fluwelen kussen.

Eigenlijk zijn we nu midden in de melkweg beland, die enorme lichtboog, waarvan de schitterende contouren in ons land mede door de storende stadsverlichting bijna nooit in al haar grootse pracht tot uiting komt. Vooral in de sterrenbeelden Zwaan, Schild en Schutter vinden we op onze breedte het helderste deel er van, veroorzaakt door opeenhopingen van buitengewoon veel zwakke sterretjes, die gezamenlijk hun schijnsel verenigen tot het diffuse licht van de melkweggordel, waarvan de niet door kunstlicht gehinderde amateur kan trachten de grenzen te bepalen.

De raadselachtige staartsterren

De zoëven vermelde lijst van nevels en sterrenhopen, die door Messier was samengesteld, was hoofdzakelijk vervaardigd met de bedoeling van dienst te zijn bij het waarnemen van kometen. In de twintigste eeuw en vooral in onze generatie zijn we niet rijk bedeeld geweest met verschijningen van staartsterren. Maar

in vorige eeuwen zijn er dikwijls buitengewoon opvallende kometen aan de hemel verschenen, dikwijls met een zeer imposante staart. De baan, die deze hemellichamen in veel gevallen doorlopen, blijkt bij berekening de vorm te hebben van een wiskundige kromme lijn, die parabool wordt genoemd. Het verschil met een cirkel en een ellips is bijvoorbeeld, dat een parabool geen gesloten lijn is, zodat de komeet uit de verte komende tot de zon nadert, tijdens haar tocht de aarde passeert en daarna weer in de oneindige ruimte verdwijnt. Daar wij op aarde echter een zeer klein deel van de paraboolbaan kunnen waarnemen is het ook mogelijk, dat de baan geen parabool is maar een buitengewoon langwerpige ellips, die dan niet valt te onderscheiden van de parabool. Dat is dan echter wel een gesloten lijn, zodat de komeet na duizenden jaren kan terugkeren, nadat zij een lange reis heeft gemaakt, die haar ver buiten de bekende regionen van het zonnestelsel voert. De meeste kometen zouden zich bevinden in een geweldige wolk met een straal van ongeveer 200 000 keer de aardbaan. Zij bewegen zich op die afstand om de zon in ongeveer cirkelvormige banen, waaruit af en toe een komeet wordt afgebogen door de storende invloed van een passerende ster, zodat die komeet nu een andere baan krijgt, waarbij ze in het binnenste gebied van het zonnestelsel kan doordringen en ook de aarde naderen. Deze theorie is opgesteld door de Nederlandse astronoom professor Oort. Bij het naderen tot de zon worden dan uit de komeetkern door de straling van de zon gassen vrijgemaakt, waardoor er zich om die kern een wazig omhulsel begint te ontwikkelen: de coma. In gunstige gevallen kan er zich ook een staart vormen. Eigenlijk behoren de staartsterren dus tot de familie van onze eigen zon en haar planeten en niet tot de wereld der sterren.

Voor het werk in de amateursterrenwacht vormen de kometen een belangrijk programma-onderdeel. Het verschijnen van een komeet begint meestal als een klein wazig vlekje, precies een neveltje. Dat was de reden, waarom Messier zijn catalogus samenstelde, omdat hij nu precies wist, waar wel en waar geen echte nevels staan, zodat een nieuw ontdekt neveltje direct kon worden geïdentificeerd als een komeet. Bovendien moet dan blijken, dat het nevelachtig vlekje zich na verloop van een paar dagen heeft verplaatst tussen de sterren. Nadert de komeet nu de zon en ook de aarde, dan wordt ze langzamerhand

helderder, terwijl ze in sommige gevallen zelfs voor het blote oog zichtbaar kan worden. Meestal wordt zo'n verschijning dan wel in allerlei tijdschriften aangekondigd, maar in andere gevallen als de komeet zwakker blijft, is de juiste plaats vaak niet zo gemakkelijk te achterhalen en de amateur, die zich hierop wil toeleggen zal dan moeten toetreden tot een groep waarnemers, die zich hiermee bezig houden, zoals de komeetwaarnemers van de Werkgroep Meteoren in Nederland. Hij ontvangt dan tijdig een circulaire, waarin het verschijnen van een dergelijke komeet wordt vermeld.

Nadert de komeet tot de zon, dan kan zich op een bepaalde afstand een staart beginnen te ontwikkelen, maar in vele gevallen ontbreekt ze ook geheel, terwijl soms ook wel meer dan een staart wordt gevormd. De helderheid neemt toe, maar de verandering van de helderheid gaat vaak nog al wisselvallig, hoewel er wel benaderende regels voor zijn op te stellen. Vooral het bepalen van de helderheid is door de grillige variaties die kunnen optreden een belangrijk en waardevol werkje voor amateurs. Hiervoor kan de volgende methode worden toegepast, die ontleend is aan M. Beyer uit Hamburg (circulaire nr. 10 van de komeetwaarnemers van de Werkgroep Meteoren):

„Door het uitschuiven van het oculair van de kijker kunnen sterren extrafocaal worden waargenomen als schijfjes van grotere afmetingen. Schuift men het oculair ver uit, dan kan het schijfje zo groot en de oppervlaktehelderheid zo klein worden, dat de ster juist niet meer tegen de hemelachtergrond afsteekt. Bij een bepaalde intensiteit van de hemel is er een eenduidig verband tussen de afstand waarover het oculair moet worden uitgeschoven en de helderheid van de ster; dit verband is afhankelijk van de hemelintensiteit.

Voor een komeet of een ander diffuus object (nevel, sterrenhoop) ligt de situatie iets anders; daar deze al een bepaald oppervlak heeft, zal een lichtvlek van totale helderheid van bijvoorbeeld 9^m bij uitschuiven van het oculair eerder te groot, te zwak en daardoor onzichtbaar worden. In dit geval kan echter waarschijnlijk worden gecorrigeerd, zonder dat de resultaten al te onnauwkeurig worden.

Een helderheidsmeting verloopt dan als volgt: U hebt nodig een schaalverdeling (bijvoorbeeld op de kijkerbuis), waarlangs de uitschuiving van het oculair kan worden afgelezen. De

komeet wordt ingesteld en de schaal aflezing bepaald, waarbij de lichtvlek verdwijnt; deze meting wordt enkele malen herhaald. Direct er na (wegens mogelijke veranderingen in de hemelintensiteit) wordt hetzelfde gedaan met drie naburige sterren, zo gekozen, dat de aflezing voor de komeet, tussen die van de sterren in ligt. Besloten wordt met nog enkele instellingen op de komeet. Op een omgevingskaartje worden de drie sterren duidelijk aangegeven met de ruwe coördinaten; tevens worden de afmetingen van de komeet geschat of op een sterrenkaartje ingetekend. Ook de tijd van de waarneming moet bekend zijn.

Het is belangrijk, dat men bij elke meting zijn oog op dezelfde manier gebruikt; wij bevelen aan, recht naar het object te kijken, met gebruik van de gele vlek en niet van de periphere delen van het netvlies.

Wanneer geen kometen kunnen worden waargenomen, verdient het aanbeveling zich te oefenen in het gebruik van de methode door haar toe te passen op sterren, nevels en sterrenhopen. Deze objecten kunt u bijvoorbeeld ontlenen aan het lijstje op bladz. 212 en eens controleren of de daar opgegeven magnitudes juist zijn. Bovendien kan met deze objecten de boven besproken correctie worden bepaald.

Deze methode ter bepaling van helderheden is beter dan de gewone extrafocale, alleen al omdat iedere meting onbevooroordeeld kan zijn; ze is veel beter dan gewone schattingen, omdat bovendien ster en komeet vrijwel hetzelfde aspect krijgen en er dus weinig systematische fouten te verwachten zijn."

De in de instructie genoemde extrafocale methode bestaat uit het waarnemen van de sterren met een uitgeschoven oculair, zodat we geen scherp maar een wazig beeldje er van krijgen en dan hun helderheid te vergelijken met de komeet, juist zoals men dat bij veranderlijke sterren gewoon is te doen.

Visuele schattingen van het uiterlijk van een komeet en van de vorm van de aanwezige staart zonder of met kijkers zijn ook van belang, terwijl men soms kan waarnemen hoe sterretjes bedekt of verzwakt worden door het ijle gas van de overtrekkende coma of de passerende staart. Aangezien er dikwijls verscheidene kometen per jaar verschijnen, begrijpt men wel hoeveel mogelijkheden er hier liggen om een kleine kijker effectief en met genoegen te gebruiken.

Eenvoudige fotometrie

Het schatten van de magnitude van kometen, veranderlijke sterren of planetoïden is erg eenvoudig, maar niet altijd betrouwbaar. Weliswaar kan men er ook routine in verkrijgen en daardoor meer objectieve resultaten, maar het is te begrijpen dat men naar andere oplossingen voor dit probleem heeft gezocht. Een Amerikaanse astronoom Secretan heeft iets heel eenvoudigs bedacht, dat in principe lijkt op de door de beroepsastronomen uitgevoerde foto-elektrische fotometrie, maar dat veel eenvoudiger is, hoewel uiteraard iets minder nauwkeurig. Voor een amateur is echter de door vakmensen gewenste nauwkeurigheid niet vereist.

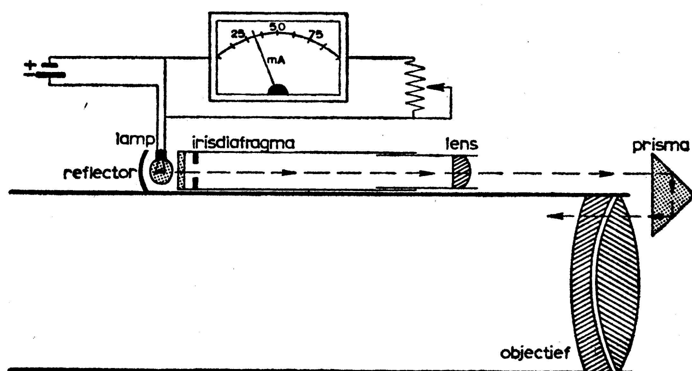


Fig. 56. Apparatuur om de helderheid van sterren elektrisch te meten.

Het principe, waarvan Secretan uitgaat is het verlichten van het gezichtsveld door middel van een lamp. Hetzelfde doet men ook bij kruisdraden, die zichtbaar moeten worden gemaakt en nu blijkt dat de zeer zwakke sterren niet meer te zien zijn en hoeveel meer licht de lamp uitstraalt, hoe minder sterren er zichtbaar blijven. De intensiteit van de lichtbron hangt samen met de zwakste nog zichtbare ster. De toegepaste opstelling bestaat uit een klein kijkertje (fig. 56), dat op de buis van de grote kijker is gemonteerd en waarin zich aan het eind een lamp van 7 W bevindt met een reflector. Via een glasplaat, die het licht diffuus maakt, valt het door een irisdiafragma (uit een

oud fototoestel) door het objectief van het kleine kijkertje en dan langs de buis van de grote kijker op een prisma, waarin het twee keer wordt gereflecteerd. Het licht wordt daardoor 180° gedraaid en valt nu op het objectief van de grote kijker. De lens van de kleine kijker wordt zo gesteld, dat het beeld van het irisdiafragma precies in het brandvlak van de hoofdkijker terecht komt en dan ziet men daarin een tamelijk uniform verlicht veld. De stroom, die de lamp voedt, wordt door een zeer nauwkeurig regelbare weerstand aangevoerd en de sterkte daarvan is af te lezen op een milliampèremeter. Deze dient zo gevoelig te zijn, dat de maximale helderheid van de lamp overeenkomt met de volle uitslag van de meter.

Bij een volkomen donker veld is de uitslag 0 en nu gaat men de stroom geleidelijk sterker maken (aflezen op de meter), zodat langzamerhand sterren van steeds lagere magnitude onzichtbaar worden. Het lijkt alsof de grensmagnitude van de kijker afneemt. Secretan ijkte het instrument met de Pleiaden en nu blijkt, dat het verband tussen de uitslag van de meter en de grensgrootte praktisch lineair is. Een soortgelijk apparaat is ook door anderen eenvoudig te bouwen en levert eenvoudige maar objectieve metingen.

Ook de foto-elektrische fotometrie begint momenteel binnen het bereik van de actieve waarnemer te komen. De firma Philips brengt een fotoweerstand B 8 73103 in de handel voor slechts... *f* 3.50 (ca. 46 F.)! Hiermee is de mogelijkheid geschapen om een heel eenvoudige fotometer te bouwen, die weliswaar voor sterfotometrie waarschijnlijk te zwak zal zijn, maar waarmee het bijvoorbeeld mogelijk moet zijn de helderheid van de maan te meten bij verschillende fasen. De fotoweerstand, die ook wel „LDR" wordt genoemd is van cadmiumsulfide en heeft de eigenschap, dat door belichting zijn weerstand voor een elektrische stroom geringer wordt. Plaatst men dus de LDR als weerstand in een stroomkring, dan zal de stroomsterkte afhankelijk zijn van de verlichtingssterkte. De gevoeligheid is zeer groot en wordt alleen overtroffen door de zeer kostbare fotomultiplier, die voor het echte fotoelektrische werk wordt gebruikt. De invloed van de temperatuur is te verwaarlozen en de stroomsterkte is bij benadering evenredig met het invallende licht.

Monteer zo'n LDR zo in de kijker, dat er geen vals licht op

kan vallen (dus bijvoorbeeld in een geïsoleerd kokertje) en zorg, dat de te meten lichtbundel juist het gehele lichtgevoelige oppervlak (diameter 8 mm) van de LDR verlicht. De stroom wordt gemeten met een geschikte ampèremeter, terwijl als stroombron een zaklantaarnbatterijtje voldoende is!

Sterren worden bedekt door de maan

De maan bedekt tijdens haar beweging langs de sterrenhemel af en toe heldere, maar in grotere getale zwakke sterren, omdat zij zich ieder uur verplaatst over een afstand, die ongeveer gelijk is aan haar diameter. Het waarnemen van zo'n sterbedekking of occultatie is voor amateurs niet alleen een interessante bezigheid, die weinig tijd kost, maar bovendien is het van wetenschappelijke waarde, omdat men er de onregelmatigheden in de beweging van de maan uit kan afleiden. Juist omdat het in een heldere nacht bij maanlicht vaak onmogelijk is andere waarnemingen uit te voeren is dit soort werk voor amateurs zeer geschikt.

Het waarnemen zelf bestaat uit het bepalen van het tijdstip, waarop een ster achter de rand van de maan verdwijnt of waarop zij weer tevoorschijn komt. Het is voldoende deze bepaling tot op 1 seconde nauwkeurig uit te voeren, de fout mag dus $^1/_2$ seconde bedragen.

Nemen we een bedekking waar in de avonduren, dus voor de maan vol is dan zien we de ster ongeveer een kwartier voor de occultatie ten oosten van de rand van de maan (1 bij plaat VIIb) en langzaam nadert de ster de rand, die soms zichtbaar is, vooral enige tijd voor eerste kwartier als het bekende asgrauwe licht van de maan. Plotseling verdwijnt de ster aan de rand van de maan in minder dan een tiende seconde zonder te verzwakken, waaruit duidelijk blijkt dat de maan geen merkbare dampkring heeft.

Dat verdwijnen vindt dus plaats in de positie 2. Na verloop van tijd komt de ster weer aan de lichte rand van de maan tevoorschijn bij 3, maar dit waar te nemen is erg lastig, omdat de maanrand licht is, zodat het zwakke sterretje niet afsteekt en pas opvalt als het al op enige afstand van de maan staat. De uittrede, zoals dit heet nemen we zelfs bij heldere sterren meestal te laat waar (4). Na volle maan verdwijnt de

ster aan de lichte rand van de maan en nu is dus de intrede moeilijk meer goed waar te nemen, terwijl het plotseling verschijnen aan de donkere rand theoretisch wel goed is te zien, maar door het onverwachte van het verschijnsel moeilijker blijkt dan een intrede aan de donkere rand. Het beste gaat het nog als we precies weten waar aan de rand de ster te verwachten is en dit kan worden afgeleid uit de positiehoek van de bedekking. Deze wordt gemeten van het noordelijk puntje van de maanschijf via het oosten en het zuiden van 0° tot 360°.

Behalve een kijker moet men voor het waarnemen van occultaties beschikken over een goed lopend uurwerk en een radiotoestel. Het laatste zal wel geen probleem opleveren, maar voor het uurwerk is ieder goed lopend horloge, dat voorzien is van een secondewijzer bruikbaar. Het moet echter goed worden behandeld, dus niet op zak of aan de pols worden gedragen, maar horizontaal liefst op een vaste plaats bij het radiotoestel worden neergelegd. Iedere dag bijvoorbeeld 's avonds om zeven uur wordt het opgewonden, nadat het met de radioseinen is vergeleken. De laatste van de zes fluittoontjes voor de nieuwsberichten van zeven uur geeft precies het tijdstip 19 uur 0 minuten 0 seconden aan. Noteer nu in een notitieboekje, dat naast de klok wordt gelegd de datum, de tijd en de juiste stand van de klok op dat moment, bijvoorbeeld $19^h02^m52^s.3$. *Zet de klok dus nooit gelijk,* maar noteer alleen de aan te brengen correctie, dat is ware tijd min kloktijd, dus in ons voorbeeld $-02^m52^s.3$ ook nog in uw boekje.

De tijdseinen kunt u enkele malen per dag opvangen over de Nederlandse zenders. De Belgische zenders geven ze om 7^h, 8^h, 10^h (alleen op zondag), 12^h, 13^h, 17^h, 20^h en 22^h. Om 23^h zijn ze te horen via de B.B.C. en bijna ieder uur van de avond op 344 en 547 m golflengte (872 en 548 Kcs.) via de zenders van het American Forces Network in Duitsland.

Wanneer er op een bepaalde avond een bedekking te verwachten is, moet het uurwerk op het volle uur dat aan die occultatie vooraf gaat met de tijdseinen worden vergeleken. De tijdcorrectie wordt opgenomen, bijvoorbeeld $2^m14^s.4$) en dan nemen we tien minuten voor het voorspelde tijdstip achter de kijker plaats. We brengen het horloge zeer voorzichtig horizontaal dragende naar de kijker en vragen een helper het af te

lezen op het ogenblik van de bedekking. Zodra we zien, dat de ster verdwijnt, roept de waarnemer: „ja” en de helper leest af, eerst de secondewijzer, dan de minuten, dan het uur. Noteer dit tijdstip direct (bijv. $20^{h}16^{m}00^{s}.5$) en neem daarna nog eens de tijdseinen waar op het volgende hele uur, om de gang van de klok te vinden. Is deze niet te groot, dan kan men de waargenomen tijd corrigeren en tot het juiste tijdstip omrekenen.

	h		m	s
Een voorbeeld: klokcorrectie om	20	bedraagt	2	14.4
om	21		2	18.7
		gang		4.3

	h	m	s
waarneming was om	20	16	00.5
klokcorrectie		2	14.4
samen	20	18	14.9
gang in 18 minuten $\frac{18}{60} \times 4^{s}.3$ er bij			1.3
de bedekking vond plaats om	20	18	16.2

Is er geen helper te vinden, dan kan men trachten seconden te tellen tot men zelf kan vergelijken, maar dat doet onvermijdelijk afbreuk aan de nauwkeurigheid. Beter is het dan om zich een stopwatch aan te schaffen, zoals voor sportdoeleinden wordt gebruikt. Op het moment dat de ster verdwijnt of tevoorschijn komt, drukt men op de knop van de stopwatch en loopt dan naar de klok, die nu ook niet meer verplaatst behoeft te worden en stopt de stopwatch als de secondewijzer van de klok op 0 staat, leest de klok af en trekt het aantal seconden, dat de stopwatch aanwijst er van af. Op deze wijze kan nu ook het vergelijken van de klok met de radioseinen gedaan worden en de klok behoeft dan niet meer naast de radio te staan in de huiskamer, waar het dikwijls niet bepaald de rustigste plek is voor een stilliggend horloge!

De zo uitgevoerde waarneming heeft pas wetenschappelijke waarde, als u precies weet op welke plaats uw waarneming is verricht. Daarvoor wendt men zich tot het kadaster en vraagt inzage van de kadastrale kaart van zijn waarnemingsplaats. Hierop zijn de X- en Y-coördinaten van de waarnemingsplaats af te lezen en daaruit kan men de lengte en de breedte be-

rekenen. Voor velen zal dat zelf niet uitvoerbaar zijn,[1] omdat het vrij moeilijk is, maar dan kan men de hulp inroepen van de Werkgroep Sterbedekkingen, een groep waarnemers van de Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde, die zich speciaal op de waarnemingen van occultaties toeleggen en hiermee reeds internationale bekendheid hebben verworven. De bij deze groep behorende rekenaars zullen de lengte en breedte van uw waarnemingspost graag voor u uitrekenen. De groep zelf zal u graag in haar midden opnemen, als u lust hebt af en toe bedekkingen waar te nemen.

Wanneer kan men dat doen? Op deze vraag geeft een lijst van vooruit berekende tijdstippen van bedekkingen antwoord, die regelmatig in het tijdschrift *Hemel en Dampkring* verschijnt en waarin naast het tijdstip ook de positiehoek van de bedekking staat vermeld. Het is zelfs mogelijk zelf bedekkingen te voorspellen, maar... met een nauwkeurigheid van maximaal een half uur, terwijl de in de Almanakken en in de tijdschriften gepubliceerde voorspellingen zeker wel op de minuut nauwkeurig zijn. Hier is echter de waarneming exacter dan de voorspelling, zelfs al gebeurt die met een eenvoudige amateurkijker en een doodgewoon horloge!

[1] Zie *Hemel en Dampkring 41,* 154, 1943.

IX. STERREN FOTOGRAFEREN

Wat kan en wat niet kan — Meteoren waarnemen met een kleinbeeld camera zonder parallactische opstelling — Sterren met iedere camera fotograferen! — Kometen en planetoïden opnemen — Het fotograferen van zon, maan en planeten — Kunnen we spectra maken? — Wat doen we met onze opnamen?

Wat kan en wat niet kan

Niet altijd zal het alleen maar waarnemen van de hemelverschijnselen iedereen bevredigen. Een bijzondere gebeurtenis, zoals een maansverduistering, het verschijnen van een komeet, een plotselinge heldere vuurbol met een prachtig langdurig nalichtend spoor of gewoon maar een heldere sterrennacht kunnen in onze herinnering soms lang bijblijven, zodat het verlangen bij ons opkomt om ze ook op andere wijze permanent te conserveren. In de carrière van bijna iedere liefhebber van de sterrenkunde komt er een ogenblik, dat hij dat verlangen zal trachten te realiseren langs de weg van de fotografie. Dikwijls zal het dan mogelijk zijn om reeds aanwezige toestellen voor dit doel te gebruiken, maar niet in alle gevallen, want voor speciale doeleinden zijn, zoals later zal blijken, ook aparte apparaten nodig.

De objecten, die aan de sterrenhemel kunnen worden gefotografeerd, kunnen globaal worden verdeeld in twee soorten: puntvormige, namelijk alle sterren, en meer uitgebreide, die weer onderverdeeld kunnen worden in de zon, de maan, de planeten, kometen en nevels, die echter ieder voor zich geheel verschillende eisen aan de nodige apparatuur stellen. Geen enkele camera is in staat om al deze soorten op de meest effectieve wijze te fotograferen. Noodgedwongen zal men zich dus in zijn keuze moeten beperken. Daarom is het van het grootste belang deze te doen in overeenstemming met het verlangde doel en met de beschikbare mogelijkheden.

Een van de meest essentiële verschillen tussen gewone camera's en de bij de astrofotografie gebruikte is wel het feit, dat men in het laatste geval gedwongen is de hemellichamen te

volgen bij hun schijnbare beweging, zodat de camera van een vaste parallactische opstelling moet zijn voorzien. Weliswaar is het denkbaar, dat men de zon, de maan en misschien zelfs de planeten met een zeer snelle plaat in een zeer korte tijd opneemt zonder volgapparatuur, maar in het algemeen zal het zonder speciale voorzorgen onmogelijk zijn en daarom zouden wij in de allereerste plaats willen poneren: wilt u mooie foto's van de sterrenhemel maken, zorg dan dat uw kijker en uw camera voorzien zijn van een parallactische opstelling. Besteed allereerst alle mogelijke aandacht aan de opstelling, die is het belangrijkste punt. De camera kan wel aan de kijker worden bevestigd en de kijker zelf kan bij het fotograferen als volgkijker worden gebruikt. Zij wordt dan gericht gehouden op een heldere ster en langzaam meegedraaid met de beweging van de sterrenhemel.

Het zal in het algemeen niet erg prettig zijn om bij opnamen van de sterrenhemel, waarbij de belichtingstijd soms een kwartier of een half uur bedraagt zelf achter die kijker te volgen. Wij moeten daar natuurlijk direct aan toevoegen, dat het wel mogelijk is, mits de brandpuntsafstand van de camera veel korter is dan die van de kijker en het wordt ook wel door sommige amateurs gedaan, maar het is vermoeiend, kost veel lichamelijke inspanning, omdat men vaak bij lage temperaturen een vrij lange tijd tamelijk onbewegelijk in een vaak niet al te plezierige houding moet blijven staan, zitten of liggen. Het is te voorkomen door de kijker met behulp van een motor te laten draaien. Zo'n drijfwerk kan gemaakt worden met behulp van een grammofoonmotor, die via enige tandwielen, die voor de juiste vertraging moeten zorgen, aangesloten is op de uuras van de kijker en deze laat draaien. Wanneer men zelf niet in staat is zoiets te maken, doet men het verstandigste zich een kijker aan te schaffen met een drijfwerk, want dat is goedkoper dan het achteraf bouwen van zo'n mechanisme bij een reeds bestaande kijker.

Voor velen, die wel in het bezit zijn van een camera zal het echter in de praktijk onmogelijk zijn om daarvoor een parallactische vaste opstelling te maken. Toch is het zelfs dan niet geheel onmogelijk om zo'n camera doeltreffend te gebruiken bij de sterrenkunde, mits men zich specialiseert op een passend onderwerp.

Meteoren waarnemen met een kleinbeeldcamera zonder parallactische opstelling

Bijna iedereen beschikt tegenwoordig over een fototoestel, van welke soort dan ook. Probeer het eens op de sterrenhemel! Zet uw camera gericht op de sterren, desnoods vast op een scheefstaand plankje in de vensterbank, stel haar in op oneindig, zet haar open, gericht op de poolster. Opgesteld op een donkere plaats zonder teveel storend licht zal zij in een heldere sterrennacht na tien minuten belichtingstijd duidelijk de beweging van de sterren om de hemelpool laten zien. Is het voldoende donker en is er geen storend maanlicht, dan kan men nog veel langer belichten. Zo'n opname is natuurlijk interessant, omdat ze de beweging van de sterren laat zien. Zij wordt echter pas waardevol, als er toevallig een heldere meteoor door het gezichtsveld schiet, want dan heeft men een kans dat die vallende ster wordt opgenomen op de film. Die kans wordt alleen verwezenlijkt als de meteoor helder genoeg is, want dat vluchtige hemelverschijnsel duurt maar buitengewoon kort en heeft dus niet veel gelegenheid om zijn indrukken op de gevoelige laag achter te laten.

De korte duur van zo'n meteoor, maakt het visuele waarnemen ervan altijd bezwaarlijk, maar juist het fotograferen van meteoren is voor amateurs een dankbaar werkje, waarvoor wel een stabiele opstelling is vereist, maar de camera kan vast staan en behoeft niet met de sterren mee te draaien. Het is echter wel een geduldwerkje, waarvan de beloning een goede waarneming is van een meteoorbaan, zoals langs visuele weg niet valt te verkrijgen.

Natuurlijk kan men met kleine camera's niet concurreren met de Super-Schmidt camera's, die meteoren tot 4^m kunnen opnemen, maar het zou onjuist zijn om te denken, dat er met een kleine camera niets is te bereiken. In Tsjechoslowakije is men reeds jaren bezig met een systematisch programma met kleine camera's (F/3.5, opening 50 mm) en hiermee zijn reeds honderden meteoren opgenomen. Ook in Nederland zijn enkele amateurs er in geslaagd met kleine camera's een aantal meteoren simultaan te fotograferen.

Dat simultaan werken is essentieel om de baan van de meteoroïde te kunnen berekenen. Men moet dus een relatie

zoeken, die bereid is ook te fotograferen op samen overeengekomen tijdstippen. (Hierbij kan de Werkgroep Meteoren van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde u adviseren!). Het prettigste is het als beide waarnemers over telefoon beschikken en elkaar dan een kwartier voordat ze beginnen te werken kunnen berichten of de weerssituatie ter plaatse gunstig is. Om de banen mooi te kunnen bepalen is een afstand van ongeveer 50 km voor de beide waarnemingsposten tamelijk ideaal. Simultaan waargenomen meteoren zijn ook nu nog wetenschappelijk van grote waarde en de uitwerking van zulke opnamen vergt veel tijd en kennis.

Het is wel nodig om te werken met een lichtsterke camera al is die dan klein. Weliswaar is dat niet doorslaggevend voor het resultaat, want de rendabiliteit hangt ook van verschillende andere factoren af, zoals de diameter van het objectief, de grootte van het veld, de soort van het gebruikte fotografische materiaal en de helling, waaronder we waarnemen, maar toch, hoe lichtsterker de camera, hoe meer resultaat!

Voor een aantal camera's kan men al deze factoren in rekening brengen en dan de grensgrootte berekenen, dat is de zwakste meteoor die nog waarneembaar is. Dit levert dan het volgende lijstje op (ontleend aan een artikel van Dr. C. de Jager in *De Meteoor*):

Grensgrootte in magnitude bij gebruik van Ilford HPS-film of plaat met gevoeligheid 36° Sch. = $^{27}/_{10}$ din:

voor kleinbeeldcamera	F/1.5	1.7
voor kleinbeeldcamera	F/2.0	1.1
voor kleinbeeldcamera	F/2.8	0.5
6 bij 6 camera	F/3.5	0.7
9 bij 12 camera	F/4.5	0.8
Schmidtcamera		2.8

(Bij ander fotografisch materiaal moet de grensgrootte worden verminderd met $^{1}/_{2}{}^{m}$ per graad gevoeligheidsvermindering.)

De camera wordt opgesteld, gericht op een punt in de atmosfeer op 80 km hoogte. Dit punt kiest men tevoren boven een plaats in de omgeving op ongeveer 80 km afstand en dan meet men op een atlas de richting (azimuth), waarin beide camera's moeten worden opgesteld en de hoek waaronder ze moeten staan. Tevens meet men op de atlas de juiste azimuthrichting.

Het spoor van een meteoroide is een dun lijntje, waarvan de

plaats ten opzichte van het begin of het einde van de stersporen moet worden opgemeten. Om de snelheid van de meteoroide te kunnen berekenen, moet men kunnen beschikken over de juiste tijdsduur van het vluchtige verschijnsel. Voor de visuele waarnemer is dat in het bijzonder heel moeilijk met enige nauwkeurigheid te schatten. Fotografisch kan het echter zeer nauwkeurig worden vastgelegd. Men voorziet daarvoor de camera van een draaiende sector (zie de foto van de camera van de Werkgroep Meteoren), die zich op enige afstand voor het objectief bevindt en door een electromotor wordt rondgedraaid en dan het objectief 10 tot 40 keer per seconde (afhankelijk van het toerental van de motor) afschermt. De Werkgroep Meteoren heeft een aantal camera's gebouwd met een lens van 50 mm, F/2.8 en een veld van 18°, waarbij die sector gedraaid wordt door een fietsdynamo, die via een transformator door het wisselstroomnet van de nodige spanning wordt voorzien. Een handige amateur kan dus zonder hoge kosten zelf wel zo'n sector eenvoudig in elkaar zetten. De sector schermt het objectief bijvoorbeeld 20 keer per seconde af. Duurt de vallende ster nu bijvoorbeeld $^3/_4$ seconde, dan betekent het, dat we geen doorlopend lichtspoor zien, maar een 15 keer onderbroken stippellijntje. Door achteraf het aantal onderbrekingen te tellen kan men de tijdsduur van $^3/_4$ seconde direct waarnemen. Het aantal omwentelingen van de sector moet natuurlijk precies bekend zijn. Het is voldoende als een der beide waarnemers zijn camera van een sector voorziet, maar het is beter als beide het doen.

Nu wordt de camera op oneindig gesteld en in de juiste richting vast opgesteld. Noteer de dag en de richting waarin wordt waargenomen en geef op de sterrenkaart ongeveer de blikrichting aan. Op een onderling afgesproken tijdstip begint men met de belichting. Na ongeveer vijf minuten schermt men het objectief 1 keer gedurende $^1/_2$ minuut af (bijv. met een kartonnen schermpje) en neemt precies de tijd op van het einde van die onderbreking, die later op de stersporen is terug te vinden op de film. Nu kan men $^1/_4$ tot $^1/_2$ uur belichten, afhankelijk van de hoeveelheid storend stadslicht in de omgeving en van de gevoeligheid van het gebruikte filmmateriaal. Aanbevolen wordt Ilford H.P.S. te gebruiken. Aan het einde van de belichtingstijd schermt men het objectief twee keer $^1/_2$ minuut af met een onderbreking van $^1/_2$ minuut, zodat de stersporen

nu twee duidelijke onderbrekingen zullen vertonen. Neem ook de tijd van het einde van de laatste onderbreking precies op. Tijdens de belichting neemt men zelf visueel waar (zie hoofdstuk II) en verschijnt er een heldere meteoor in de omgeving van het gezichtsveld, die wel eens op de film zou kunnen staan, dan tekent men de baan aan en vooral (!) het tijdstip van het verschijnen, want dit is voor de reductie van veel belang. De juiste tijdstippen kunnen worden afgelezen op een gewoon horloge, dat met zorg wordt behandeld en van tevoren met tijdseinen wordt vergeleken.

Niet iedere nacht heeft men kans een of meer meteoren te „vangen". Het is integendeel een geduld werkje, dat vele uren belichting vraagt, voordat het succes oplevert. Tijdens de grote sterrenregens, zoals de Perseïden en de Geminiden heeft men meer kans, terwijl men natuurlijk ook nachten met maanlicht moet vermijden. Wij zijn enigszins uitvoerig op het fotograferen van meteoren ingegaan, omdat dit een onderdeel van de astrofotografie is, dat in België en Nederland de laatste jaren met stijgende resultaten is uitgevoerd en waarbij enkele amateurs uitstekende resultaten hebben behaald, terwijl een bezitter van een goede kleinbeeldcamera hiermee op dit gebied effectief kan werken, zonder dat een dure parallactische opstelling nodig is.

Sterren met iedere camera fotograferen!

Een gewone camera F/3.5 of F/4.5 is uitstekend geschikt voor hemelfotografie. Hoe lichtsterker het instrument, hoe beter, maar.... men moet de camera stevig monteren op een parallactisch opgestelde kijker, en dan kan men er prachtige foto's mee maken van de sterrenhemel, waarop een groot aantal zelfs zeer zwakke sterren kunnen voorkomen. De zwakste ster, die men met de camera kan fotograferen wordt in eerste instantie bepaald door de lichtwinst, die het instrument oplevert. Die hangt echter niet alleen af van de diameter van het objectief, maar ook van de belichtingstijd en van het gebruikte materiaal. Een fotografische laag is namelijk volkomen anders gebouwd dan de gevoelige laag van het menselijk oog. Dit laatste kan nooit zwakkere objecten zien, dan haar gevoeligheidsgrens toestaat. De fotografische laag daarentegen is in staat de lichtindrukken vast te houden en als het ware op te sparen. Door

dus de belichtingstijd lang te kiezen kan men de lichtwinst opvoeren en met een fotografisch instrument ook zwakkere sterren bereiken. De prachtige foto's, die men in sommige boeken ziet met enorm veel zwakke sterren, sterwolken in de melkweg of spiraalvormige extragalactische nevels zijn veelal het resultaat van opnamen, die urenlang belicht zijn en dan nog meestal met een zeer lichtsterk instrument, zoals een Schmidtcamera. Voor een amateur is het (theoretisch natuurlijk) ook wel mogelijk om urenlang te belichten, mits de opname niet sluiert door het vele storende licht, maar dan moet hij over een goed volgmechanisme beschikken en het geduld kunnen opbrengen om geregeld gedurende al die tijd, de ster, waarop hij volgt bij te stellen.

Kies als eerste foto, die u gaat maken bij voorkeur een gebied om de hemelpool of de sterrenhoop de Pleiaden en stel de volgkijker in op een heldere ster midden in het uitgezochte gebied. Het vinden van de juiste focussering geschiedt door proberen. Een gewone camera stelt men natuurlijk op oneindig, maar een speciale astro-camera moet eerst gefocusseerd worden. Maak daartoe een opname van een willekeurige streek aan de hemel, belicht vijf minuten, verschuif de plaat dan 0.2 cm en belicht weer vijf minuten, dan weer 0.2 cm verschuiven enz. Zo gaan we door tot we er zeker van zijn, dat we het brandvlak zijn gepasseerd (dat is van tevoren ongeveer te bepalen door matglas op de plaats van de plaat te zetten of desnoods transparantpapier!). De laatste van de reeks opnamen nemen we niet vijf maar tien minuten, zodat we begin- en eind kunnen onderscheiden. Ontwikkel nu het resultaat en bekijk het negatief en onderzoek een ster ongeveer in het midden. Dat beeldje dat het kleinst en het scherpst is markeert het juiste brandvlak, waarop de plaathouder dan wordt vastgezet. Bij gewone camera's is die focussering echter overbodig, zij worden direct op oneindig ingesteld en de eerste opname kan beginnen.

Neem in de volgkijker het oculair met de grootste vergroting en volg daarmee de ster. Als dat oculair voorzien is van een dradenkruis dan is het mogelijk de ster in het snijpunt van de draden te houden. Anders dient men dit zo goed mogelijk op het gevoel af te doen, maar de kwaliteit van de opname kan er onder lijden. Het zal minder erg zijn, naarmate de brandpuntsafstand van het objectief van de volgkijker groter is dan die

van de lens van de camera. Belicht nu bijvoorbeeld de film een kwartier en zoek dan later op het ontwikkelde en gefixeerde negatief de magnitude van de zwakst zichtbare ster. (Niet direct een afdrukje maken, maar altijd de oorspronkelijke negatieven onderzoeken; afdrukjes van astrofoto's zijn alleen om aan anderen uw resultaten te tonen!) Theoretisch moet men bij gebruik van gevoelig materiaal ongeveer het volgende vinden, maar dat kan wel wat variëren met de gevoeligheid van de gebruikte film.

belichtingstijd	*diameter van het objectief in mm*					
in minuten	10	20	30	50	60	80
5	5.5	7.0	7.9	9.0	9.4	10.0
10	6.2	7.7	8.6	9.7	10.1	10.7
15	6.5	8.0	8.9	10.0	10.4	11.0
20	6.8	8.3	9.2	10.3	10.7	11.3
30	7.2	8.7	9.6	10.7	11.1	11.7
60	7.8	9.3	10.2	11.3	11.7	12.3
120	8.5	10.0	10.9	12.0	12.4	13.0

Speciale camera's voor astrofotografie worden door verschillende firma's in de handel gebracht. Polaris biedt er bijvoorbeeld een aan voor zon- en maanopnamen, die *f* 220.— (ca. 3000 F.) kost, maar er is ook een astrocamera verkrijgbaar speciaal voor sterfotografie met een 80 mm objectief en een brandpuntsafstand van 40 cm, waarmee men dus binnen een uur sterren tot de 12de magnitude kan fotograferen.

Sommige amateurs zullen trachten er zelf een te bouwen. Vaak zijn oude camera's (bijvoorbeeld de Kodak Brownie 620 e.d.) zeer bruikbaar. In ieder geval moet men een goed fotografisch objectief zien te bemachtigen. Het bouwen van de camera is dan vrij simpel, een koperen buis van de juiste lengte en diameter, waarin het objectief kan worden gemonteerd en aan de andere kant een plaathouder, terwijl de focussering veranderlijk, dus instelbaar moet zijn.

Kometen en planetoïden opnemen

Een eenmaal opgestelde camera is zeer geschikt om er kometen en planetoïden mee te fotograferen. Kometen verschijnen altijd onverwachts en wanneer er één wordt aangekondigd, kan men

trachten die komeet te fotograferen, ook als ze niet met het blote oog zichtbaar is. In dat geval zoekt men de komeet op in de volgkijker en volgt haar bij de belichting. Is de komeet onvindbaar, dan is ze soms te ontdekken door een opname te maken van het veld van sterren, waar de komeet zich volgens de voorspellingen moet ophouden. De foto verschaft een nauwkeurige plaatsbepaling, terwijl de vorm van de coma en de staart er vaak beter op te zien zijn dan bij visuele waarnemingen. Bij heldere kometen zijn er soms grillige veranderingen in de staart waargenomen, die te ontdekken zijn door zoveel mogelijk te fotograferen. Het gebruik van filters kan bij zeer heldere kometen soms erg waardevol zijn.

Planetoïden verschijnen regelmatig en in het tijdschrift *De Meteoor* is de laatste twee jaar een lijst verschenen met de coördinaten van de helderste planetoïden tijdens hun oppositie. Daarmee kan men de plaats van zo'n planetoïde op de kaart intekenen en dan kan men een opname maken van de streek, waar zich de planetoïde ophoudt. Maak dan één of twee nachten later weer een opname van dezelfde hemelstreek en vergelijken van de negatieven zal de planetoïde tonen, omdat ze zich verplaatst heeft ten opzichte van de vaste sterren. Het is dan mogelijk de helderheid van het planeetje nauwkeurig te bepalen door het te vergelijken met naburige sterren. Dit kan op het negatief op dezelfde wijze gebeuren als visueel, door een iets helderder ster a, een iets zwakkere ster b en de planetoïde v te stellen en te schatten in hoeveel stapjes v het verschil tussen a en b verdeelt. Het voordeel is, dat men nu de schatting rustig overdag kan uitvoeren en later door een ander kan laten controleren. Natuurlijk moet men de helderheden van a en b te weten zien te komen. Daarvoor zal wel het advies van een Sterrenwacht moeten worden ingeroepen, waar men over de nodige gegevens beschikt, die natuurlijk onmogelijk alle in het kader van dit boek kunnen worden opgenomen. Zo kan men dan het helderheidsverloop van de planetoïde volgen, terwijl het ook mogelijk is op eenzelfde plaat een hele serie opnamen van eenzelfde planetoïde te maken (bijvoorbeeld tien minuten belichten om het half uur) om zo na te gaan of de helderheid ook varieert in de loop van een nacht. Er zijn inderdaad planetoïden, die zeer grillige helderheidsvariaties vertonen ten gevolge van hun merkwaardige vorm. Deze kleine hemel-

lichamen zijn in het algemeen niet bolvormig, maar grillig gevormde onregelmatige rotsblokken, die echter toch om een as wentelen. Ze vertonen ons daarom niet steeds een even groot oppervlak, waardoor de schijnbare helderheid dan wel eens sterk kan variëren. Hoewel men in Amerika de laatste tijd een aantal planetoïden foto-elektrisch op die veranderingen heeft waargenomen, zullen er ongetwijfeld nog heel wat zijn waarvan men nog geen waarnemingen heeft, zodat de amateur op dit gebied zelfs met de minder gevoelige fotografische techniek interessant en waardevol werk kan doen. Wil men de opnamen nauwkeuriger uitmeten, dan zal dit met een fotometer moeten gebeuren en ook op dit gebied zijn er voor een handige amateur diverse mogelijkheden.

Het fotograferen van zon, maan en planeten

De in dit boek opgenomen foto van de maan omstreeks laatste kwartier is gemaakt met de Yerkes-refractor. Dit is een der allergrootste kijkers ter wereld, die opgesteld staat op de Yerkes sterrenwacht te Williams Bay in de Verenigde Staten. Het objectief heeft een diameter van meer dan een meter (102 cm) en het is zelfs de grootste lenzenkijker ter wereld. De diameter van de maan in het brandvlak van het objectief, dat een brandpuntsafstand van bijna 20 meter (!) bezit, bedraagt 170 mm en de bij goede weersomstandigheden gemaakte foto vertoont een rijkdom aan details.

Voor een amateur lijkt dit een onbereikbaar ideaal. Zijn kijker zal een veel kleiner objectief bezitten en als hij direct in het brandvlak van zijn lens of spiegel gaat fotograferen dan krijgt hij een maanbeeldje van maar enkele mm (17 mm bijvoorbeeld bij een refractor of reflector met een 10 cm opening!). Nog ongunstiger wordt het bij de planeten. Jupiter, die nog de grootste schijnbare diameter heeft (ongeveer een vijftigste deel van die van de maan) wordt afgebeeld als een schijfje, dat nog geen tiende mm groot is in een doorsnee-amateur-kijker. Natuurlijk valt er bij zo'n klein beeldje geen detail meer te zien, terwijl vergroten niets baat. Het is dan ook onmogelijk om met uw camera of dit nu een kleinbeeld F/1.8 of een gewone 6 bij 9 camera F/3.5 is, foto's van de maan of de planeten te maken.

Al lijkt de conclusie, waartoe we dus zo komen wel buiten-

gewoon teleurstellend, toch moeten we ons niet direct laten ontmoedigen, want de hoofdzaak is, dat men naast de camera in het bezit moet zijn van een goede kijker. Er zijn namelijk nog meer mogelijkheden om te fotograferen, als we onze camera met de kijker gaan combineren.

In het algemeen onderscheidt men drie mogelijkheden (fig. 57):

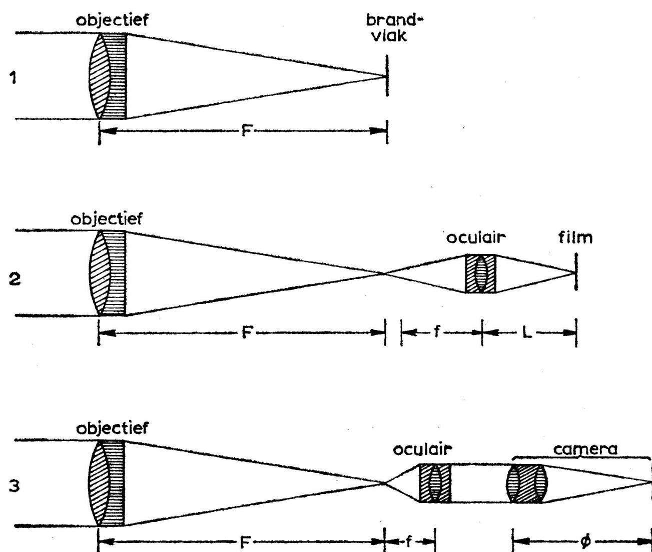


Fig. 57. De drie manieren om te fotograferen: 1. in het hoofdbrandpunt, 2. direct door de kijker en 3. met de camera achter de kijker.

1. een opname in het brandvlak,
2. een opname door het oculair zonder camera en
3. een opname met de camera achter de kijker.

De eerste techniek wordt gebruikt voor het fotograferen van sterren, nevels, meteoren en bij heel grote instrumenten ook voor maan en planeten, maar de laatste twee methodes zijn bij kleinere kijkers geschikter om zon, maan en planeten op te nemen.

Beschikt men niet over een camera, maar wel over een kijker,

dan kan men direct door de kijker fotograferen. Dit is bijvoorbeeld erg praktisch bij het maken van opnamen van de zon met zonnevlekken. Achter het oculair komt een soort verlengstuk aan de kijker, waar een film of plaat kan worden opgesteld, een soort geïmproviseerde camera dus, waarbij het oculair van de kijker fungeert als cameraobjectief. Een oude platencamera, waarvan de lens ontbreekt is een ideale en zeer goedkope oplossing. Zoek eerst experimenteel de juiste plaats voor de film door eerst matglas op de plaats van de film te houden en dan net zo lang te schuiven tot een maansbeeld (niet met de zon experimenteren!) maximale scherpte vertoont. Heeft men de opstelling gemaakt met een oude camera, dan zal de sluiter als ze ten minste nog werkt goed van pas komen, anders zal men zelf een sluiter moeten maken, wat vooral voor zonsopnamen, die slechts zeer kort mogen worden belicht niet eenvoudig is. Nu is de camera gereed voor gebruik. De belichtingstijd is het beste experimenteel te bepalen, bij de zon is het een fractie van een seconde, zodat volgen overbodig is; bij de maan en de planeten hoogstens enkele seconden, zodat volgen wel vereist is. Beperk u niet bij de planeten tot een opname, maar maak er op eenzelfde opname een hele serie naast en boven elkaar met verschillende belichtingstijden ($^1/_4$, 1, 4 en 16 seconden) en ook als de belichtingstijd precies bekend is, maak dan nog een serie met diezelfde tijd om daaruit de beste te kunnen kiezen, die opgenomen is op een kort moment, waarop de seeing het beste beeldje deed ontstaan. In Nederland en in België heeft men met deze techniek nog weinig ervaring, maar in Amerika zijn er amateurs, die op deze wijze prachtige opnamen van de maan en de planeten hebben gemaakt.

De derde methode is het moeilijkste, want men moet de camera op de juiste wijze zeer nauwkeurig achter de kijker opstellen. De optische as van de kijker dient zeer precies samen te vallen met die van de camera. Het geheel moet stabiel blijven, terwijl er aan het oculaireinde van de kijker een lang verlengstuk komt en dat zal wel enige technische vaardigheid eisen om toch voldoende stabiliteit te waarborgen.

Om de plaats te vinden waar de camera moet worden opgesteld, richt men de kijker op de maan, neemt een stuk wit papier en projecteert hierop het beeld van de maan door de kijker. Stel echter van tevoren het oculair zo in, dat men een scherp

beeld ziet, als men met het oog door het oculair naar de maan kijkt. Bepaal nu de plaats, waar de projectie het kleinst is en zet de camera zo neer, dat de voorkant van de lens samenvalt met het zojuist bepaalde punt. Stel de camera in op oneindig en het diafragma zover mogelijk open. Het is niet beslist noodzakelijk om de ruimte tussen oculair en camera af te schermen, maar tegen stof is het wel geriefelijk. Zet de camera niet direct vast, maar ga onderzoeken of er op de plaats waar de film komt wel een scherp maansbeeld ontstaat, omdat men er zeker van moet zijn dat de as van de camera in het verlengde ligt van de as van de kijker. Misschien zal het ook nog nodig blijken om de camera een heel klein beetje naar voren of naar achteren te verschuiven om de juiste beeldvorming te verkrijgen. Maak alles dus nooit direct muurvast, maar neem tenslotte nog eerst een serie proefopnamen van de maan.

Waarom zijn de beide laatste methodes nu beter geschikt voor opnamen van zon, maan en planeten dan de directe brandpuntsopname? Dit is het beste te zien aan de verkregen extra vergroting. Deze is bij de tweede manier gelijk aan de afstand van de film tot het oculair gedeeld door de brandpuntsafstand daarvan. Werken we bijvoorbeeld met een oculair met 3 cm brandpuntsafstand en staat de plaat op 30 cm, dan is er een extra vergroting van 10 keer, zodat het zonsbeeld, dat normaliter bijvoorbeeld slechts 1.5 cm groot zou zijn in het hoofdbrandpunt, nu 15 cm wordt. Ook het beeldje van de planeten wordt 10 keer zo groot, maar. . . . het wordt ook 100 keer zo zwak en zal dus 100 keer zo lang moeten worden belicht. Zelfs als de kijker over een goed volgmechanisme beschikt is zo'n lange opname niet gemakkelijk uitvoerbaar, tenzij men over een tweede kijker beschikt om te volgen. Bovendien zal de onrust van de lucht de fijne details in het beeld grotendeels verdoezelen door de lange duur van de belichting. Het hier beschreven procédé is dus bij een kleine kijker in de praktijk alleen bruikbaar bij de zon of de maan.

Bij de derde methode wordt de extra vergroting bepaald door de brandpuntsafstand van de camera te delen door die van het oculair. Ook hier wordt het beeld zwak en moet langer worden belicht. Bij beide methodes verkrijgt men uiteraard de grootste extra vergroting door te werken met het oculair met de kleinste brandpuntsafstand.

De mooiste resultaten zijn op dit gebied bereikt door Amerikaanse amateurs, die werkten met flinke spiegeltelescopen met een grote opening dus behoorlijk lichtsterk. Dan is het ook mogelijk de vergroting extra op te voeren en met niet al te lange belichtingstijden zelfs goede foto's van Jupiter, Mars en Saturnus te verkrijgen.

Kunnen we spectra maken?

Een groot deel van de kennis, die de astronomen momenteel bezitten van de hemellichamen berust op een zorgvuldige bestudering van hun spectra. Het licht, dat een ster ons toezendt, is te ontleden in verschillende kleuren, rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Later heeft men ontdekt, dat de hemellichamen niet alleen zichtbaar licht, maar ook andere straling uitzenden. Voorbij het rood bevindt zich het gebied van de infrarode straling, onzichtbaar voor ons oog, terwijl aan de andere kant van het zichtbare spectrum het ultraviolet begint. De golflengte van het zichtbare licht loopt van 4000 tot 8000 AE (1 AE 0.000 000 01 cm!). Infrarode straling heeft een grotere golflengte en er bestaan speciale instrumenten, die dat kunnen registreren. Spoedig echter verhindert onze dampkring het doordringen van nog langere golflengten naar de aarde, omdat de gassen, waaruit die dampkring bestaat die lange golflengten absorberen. Maar bij nog veel langere golflengten komt er weer een gebied, dat weer wordt doorgelaten, maar dan spreken we intussen niet meer van licht, maar van radiostraling (van enkele cm tot een paar m!).

De moleculen van onze dampkring absorberen dus straling van zeer bepaalde golflengten. Dat is in principe zo met ieder gas! De atomen of moleculen, waaruit zo'n gas bestaat houden een gedeelte van het doorgelaten licht tegen. Bij een gas, dat alleen uit atomen bestaat zijn dat zeer bepaalde golflengten van het spectrum, zodat we een aantal donkere lijnen zien ontstaan op de plaats waar het gas de doorvallende straling heeft vastgehouden. Fraunhofer, die voor het eerst in het zonnespectrum dergelijke donkere lijnen zorgvuldig bestudeerde en ze met de letters A, B, C, D enz. nummerde, schreef ze toe aan de gassen in de atmosfeer van de zon, die de continue straling uit de diepere lagen voor een klein deel blokkeerden en zo hun bestaan

manifesteerden; voornamelijk waterstof, calcium en natrium vielen hem direct op. Is het gas opgebouwd uit moleculen, zoals in onze dampkring dan houden die een enorm groot aantal korte stukjes van het spectrum tegen, die vlak bijeen liggen in bepaalde groepen, zodat men de indruk krijgt dat er brede donkere banden in zo'n spectrum ontstaan zijn. Bij een nader onderzoek op grote schaal blijkt dan één zo'n band te bestaan uit een groot aantal afzonderlijke lijntjes. Gaat een gas zelf licht uitzenden, zonder dat er straling doorvalt, dan emitteert het juist die lijnen of banden, die het bij doorvallend continu licht zou kunnen absorberen. Men spreekt dan van een emissiespectrum.

Het visueel waarnemen van spectra van heldere sterren is niet onmogelijk. Koopt men een kijker van een gerenommeerde firma, dan is die ongetwijfeld in staat er een passende oculairspectroscoop bij te leveren. Dit apparaat bestaat uit een of meer prisma's, waar het licht van een ster doorvalt zodat het in een spectrum wordt ontleed. Bij heldere sterren ziet men de donkere lijnen van waterstof (de Balmerlijnen), terwijl een komeet of een gasnevel, zoals de Orionnevel een emissiespectrum vertonen.

Een andere mogelijkheid is om voor het objectief een objectiefprisma te plaatsen. Vooral voor kleinere kijkers is dat goedkoper. Men behoeft slechts een prisma te kopen met een kleine brekende hoek (15° tot 20°), dat niet groter is dan het objectief en dit ervoor te bevestigen. Het enige bezwaar is, dat men om het spectrum van een bepaalde ster te zien de kijker moet verplaatsen loodrecht op de basis van het prisma. Men kan bijvoorbeeld de basis loodrecht op de declinatierichting stellen (de kijker in de meridiaan zetten en dan moet de basis horizontaal liggen), dan op de ster instellen, vervolgens het prisma plaatsen in de in de meridiaan vastgelegde stand en dan de kijker over de juiste hoek in declinatierichting draaien. De hoek van draaiing moet tevoren natuurlijk experimenteel worden bepaald. Eventueel kan men op de kijker een tweede zoeker bouwen, die direct de juiste richting aangeeft.

Men is nu tevens in staat de spectra, die in het brandpunt ontstaan te fotograferen. De astronoom spreekt dan niet meer van een spectroscoop, maar van een spectrograaf! Het merendeel van de huidige astronomische waarnemingsactiviteit be-

staat uit spectrografie. Voor het fotograferen van spectra van zwakke objecten zijn echter zeer grote kijkers en zeer lange belichtingstijden nodig. Dat is dus in het algemeen geen werk voor een amateur, terwijl bovendien de liefhebber dit soort werk toch niet ambitieert omdat het resultaat een „plaatje" is, waarop slechts een spectrum staat in plaats van een mooie foto van een hemelstreek of planeet. Weliswaar kan zo'n spectrum wetenschappelijk waardevoller zijn, maar de liefhebber bekommert zich daar meestal niet om.

Voor allen, die wel belangstelling hebben om wetenschappelijk waardevolle spectra te maken, mogen wij in het bijzonder wijzen op de spectra van meteoren. In België en Nederland is men nog niet zo ver, maar in de Verenigde Staten is het J. A. Russell gelukt met een doodgewone camera staande op een driepoot (!) met een objectief prisma er voor vanaf 1948 spectra van de Perseïden te fotograferen. Later verbeterde hij zijn apparatuur en stelde ook nog een roterende sector op voor het objectieprisma en zo had hij tegen het einde van 1956 reeds in 28 waarnemingsnachten een dozijn spectra opgenomen. Als we nu nog bedenken dat de uitwerking van een zorgvuldig geijkt en goed spectrum zelfs een vakman heel wat tijd kost, maar dan ook vaak interessante resultaten oplevert, dan is het beslist de moeite waard de Benelux-amateurs ook eens tot dit werk te stimuleren.

Wat doen we met onze opnamen?

Voor de amateur, die pas begint is dat misschien een hele rare vraag, maar als hij na verloop van tijd allerlei hemelobjecten heeft gefotografeerd, daarvan mooie afdrukjes en vergrotingen heeft gemaakt, die zijn waarnemingsboek versieren, dan zal hij toch vroeg of laat met deze vraag worden geconfronteerd.

We zijn in dit boek niet van plan nader in te gaan op de techniek van de astrofotografie. De meeste amateurs zullen ongetwijfeld zelf hun opnamen gaan ontwikkelen, afdrukken en vergroten. Dat vereist geen uitgebreide en dure installatie, maar in ieder geval wel een desnoods geïmproviseerde donkere kamer. Voor de details van ontwikkelen, vergroten, enz. schaffe men zich een eenvoudige fotografische handleiding aan.

Met zo'n negatief, waarop een zonnevlek of een komeet, een

planetoïde of een nevel voorkomt kan men iets gaan doen. Vakastronomen maken geen mooie plaatjes van de sterrenhemel ter illustratie van populaire boeken, maar hun opnamen worden allereerst vervaardigd om ze uit te meten. De meeste worden zelfs nooit afgedrukt.

Dat uitmeten kan men in tweeërlei soort bewerkingen onderscheiden. In de eerste plaats kan de juiste plaats worden opgemeten van een planetoïde, een komeet of een ander bewegend object. Hiervoor is een zeer nauwkeurig meetapparaat vereist. Men meet de afstand van het gezochte hemellichaam op tot drie van tevoren gekozen niet te zwakke sterren, waarvan de preciese positie in de almanak is te vinden en uit die metingen is de positie van het object af te leiden. Een zeer nauwkeurig meetapparaat (tot op 0.01 mm) is hiervoor vereist. De amateur zou misschien iets dergelijks toch kunnen bereiken door zijn negatief te projecteren en de voldoende vergrote projectie uit te meten. Regelmatige plaatsbepaling van de vele planetoïden is nog steeds van grote wetenschappelijke waarde omdat de vakman niet altijd voldoende tijd heeft om al die kleine planeetjes geregeld onder controle te houden. Ook voor zwakke kometen geldt wel dezelfde opmerking, maar in beide gevallen kan men alleen waardevol werk verrichten als men in staat is met zijn camera behoorlijk zwakke hemellichtjes waar te nemen (tot 13 à 15 m).

Het fotograferen van kunstmanen of in de wereldruimte afgeschoten kunstplaneten is de laatste tijd een zeer belangrijk onderdeel van de astronomie geworden. Ook hier kan een amateur met lichtsterke camera een bijdrage leveren.

Een tweede soort meting, die men op een negatief kan verrichten is de meting van de helderheid van een object. Hoe helderder het is, hoe zwarter de film of plaat zijn zal en dit verband tussen zwarting en helderheid, (de zwartingskromme) stelt ons in staat uit de zwarting de helderheid te weten te komen. Om dat verband te vinden, moet de opname geijkt worden met een trapverzwakker, die verschillende zwartingen veroorzaakt, waarvan de bijbehorende helderheid precies bekend is (zoals de reeks zwartingen in het testbeeld van de televisie!). Zo'n trapverzwakker is meestal nog al kostbaar, maar de waarde van een opname wordt sterk verhoogd als zij geijkt is, dus tracht er een te krijgen. Dit geldt vooral voor

opnamen van zon, maan, planeten, nevels en kometen. Bij steropnamen zijn er altijd wel sterren op de plaat of film, waarvan de helderheid zeer nauwkeurig bekend is, zodat die een voldoende ijking waarborgen, terwijl men desnoods de North Polar Sequence op dezelfde plaat met de gewenste hemelstreek ter vergelijking kan opnemen. Er zijn dan wel een aantal correcties nodig, maar daar is mee te rekenen.

Het meten van de helderheid geschiedt met een fotometer. Dat noemt men fotometreren en het komt hierop neer, dat men een zeer smalle lichtbundel door de plaat laat vallen. Bevindt er zich nu een ster op dat gedeelte van de plaat, waar de bundel door gaat, dan zal deze een deel van het doorgaande licht onderscheppen en wel des te meer naarmate het sterbeeldje zwarter en groter is, dus des te meer naarmate de ster helderder is geweest. De nog doorkomende hoeveelheid licht valt op een fotocel, die de lichthoeveelheid (na de nodige versterking) registreert. Hoe helderder de ster, hoe zwarter en groter haar beeldje, hoe geringer de uitslag. Met een trapverzwakker of met bekende sterren kan men nagaan welke helderheid bij een bepaalde uitslag behoort en dus het verband tussen beide vastleggen. Dan kan men de helderheid van onbekende dingen meten. Het fotometreren van platen is vaak een der belangrijkste onderdelen van een modern astronomisch onderzoek en het is dan ook niet te verwonderen, dat sommige amateurs dat gaan inzien en trachten om zelf een eenvoudige fotometer te construeren om hun platen uit te meten. Vooral opnamen van uitgebreide objecten moeten wel met een fotometer worden bewerkt. Het verdient dan ook aanbeveling om opnamen van sterren extrafocaal te maken als ze speciaal voor de fotometrie worden vervaardigd. Zo'n extrafocale opname met de plaat voorbij het brandvlak geschoven, geeft grotere en beter meetbare sterbeeldjes.

Voor de beginnende amateur is het mogelijk om de helderheid van sterren ook te bepalen uit een eenvoudig verband, dat er bestaat tussen de helderheid en de diameter van het sterbeeldje op de opname. De diameter kan men op de eventueel vergrote opname opmeten en met behulp van bekende sterren kan men het verband opmaken en daarna de helderheid van een veranderlijke ster of planetoïde bepalen. Het is een methode, die

iets nauwkeuriger werkt, dan een schatting op het oog naar de indruk op het negatief.

Zowel voor de amateur als voor de vakman gaat er van het eenvoudigste zelf vervaardigde plaatje een grote bekoring uit. Voor de liefhebber behoeft het tenslotte niet te gaan om de wetenschappelijke waarde, omdat het net als bij vakantiefoto's voor hem kan neerkomen op het vastleggen van indrukken van de grootsheid en wonderlijke pracht, die de sterrenhemel en de hemellichamen ten toon spreiden en die hij bij het bekijken daarvan ondervindt en in zijn herinnering wil bewaren.

WETENSWAARDIGHEDEN EN TABELLEN

De steratlas

De nu volgende kaarten I tot en met VIII bevatten alle met het blote oog op 52° N.Br. zichtbare sterren. De helderheden zijn weergegeven door de volgende symbolen:

✸ = 1^m en helderder
✦ = 2
● = 3
✳ = 4
• = 5

Het coördinatennet is getekend voor het aequinoctium 1960.0 en de volgende symbolen zijn verder nog gebruikt:

/✦ dubbelster
⊛ veranderlijke ster
/// nevel of sterrenhoop.

Het Griekse alfabet

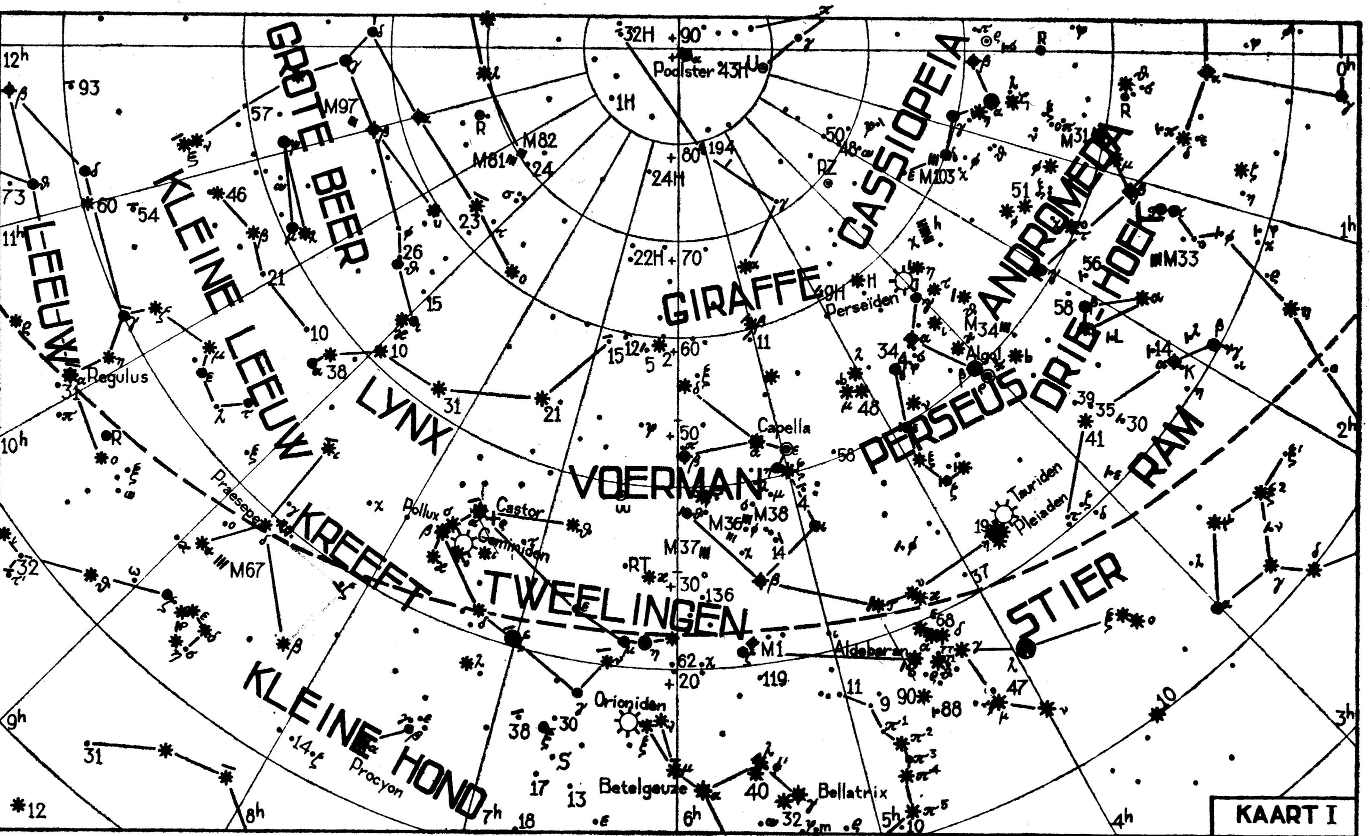
Daar de meeste sterren met Griekse letters worden aangeduid is kennis van het Griekse alfabet onmisbaar.

α =	a =	alpha	ν =	n =	nu
β =	b =	bèta	ξ =	x =	xi
γ =	g =	gamma	ο =	o =	omikron
δ =	d =	delta	π =	p =	pi
ε =	e =	epsilon	ρ =	r =	rho
ζ =	dz =	dzèta	σ =	s =	sigma
η =	è =	èta	τ =	t =	tau
θ =	th =	thèta	υ =	u =	upsilon
ι =	i =	iota	φ =	ph =	phi
κ =	k =	kappa	χ =	ch =	chi
λ =	l =	lambda	ψ =	ps =	psi
μ =	m =	mu	ω =	oo =	omega

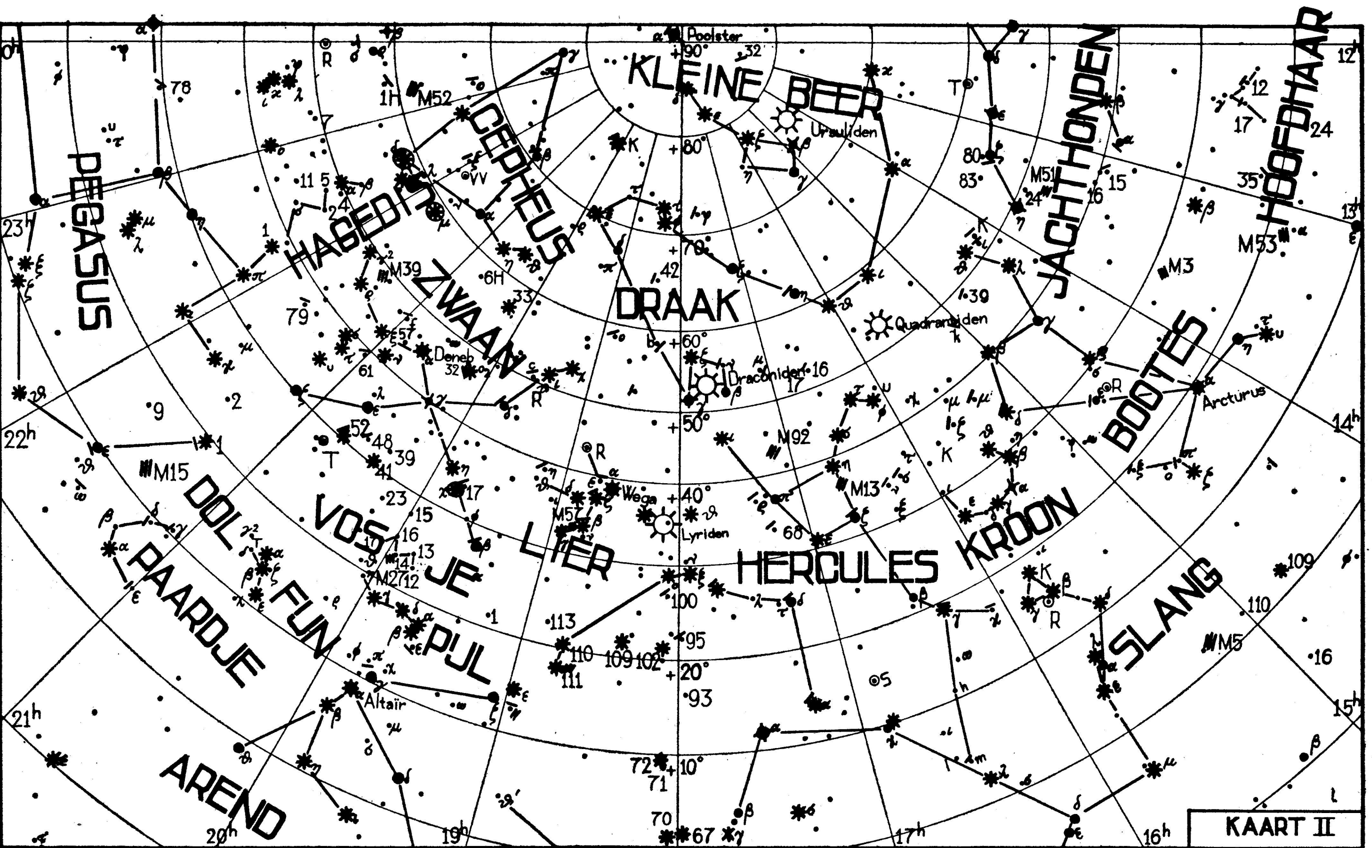
De namen der sterrenbeelden

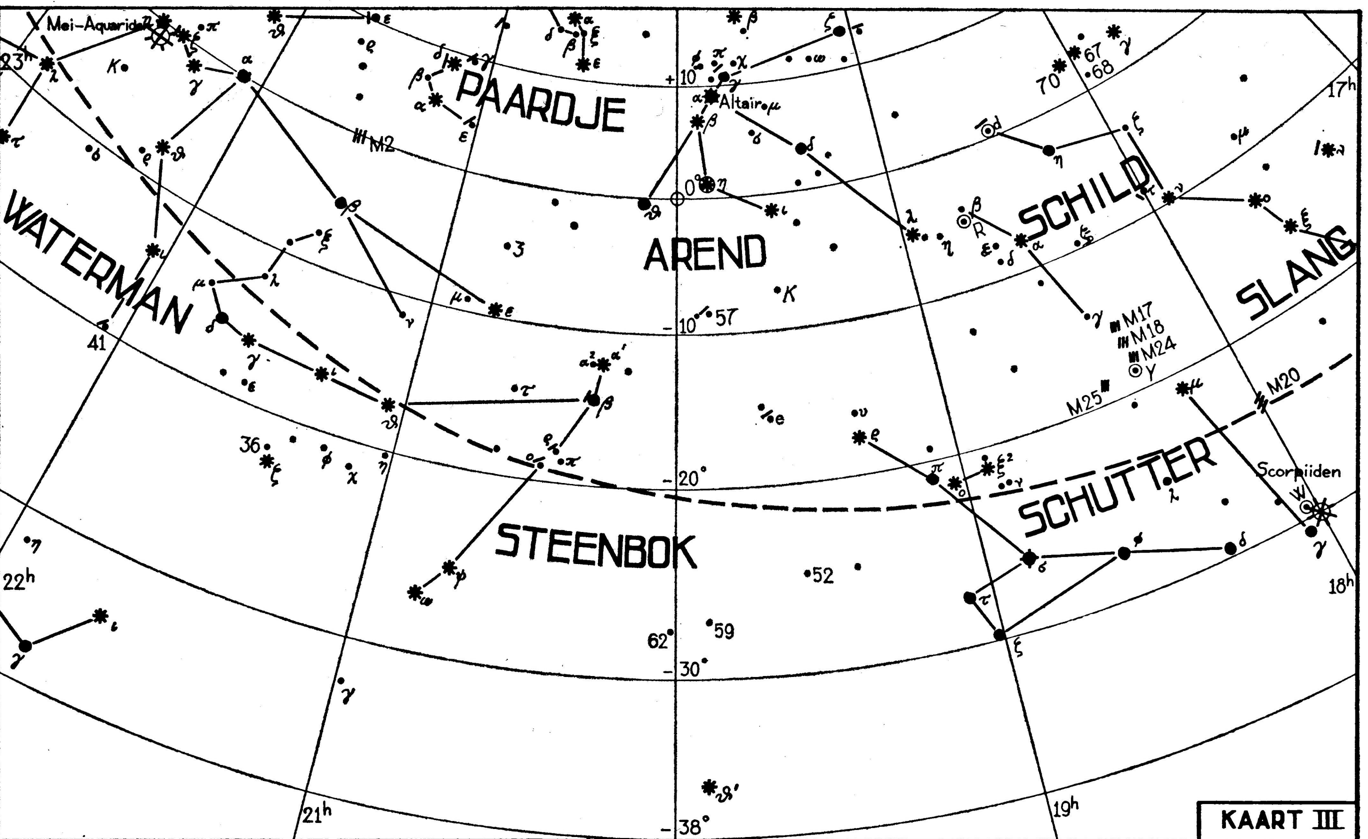
Vaak worden naast de Nederlandse namen ook de officiële Latijnse namen van de sterrenbeelden gebruikt. Daarom geven we hier een lijstje daarvan met de juiste afkortingen.

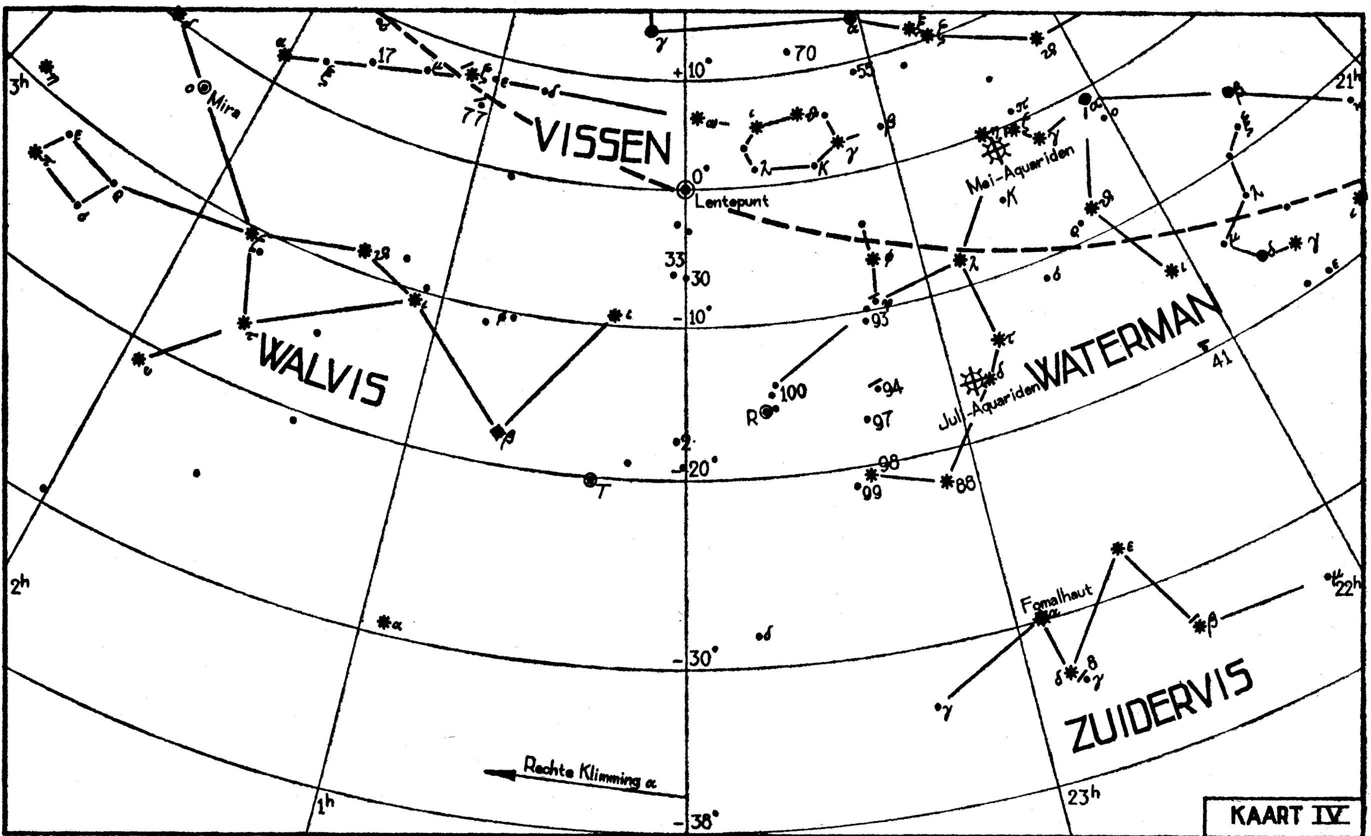
Nederlands	*Latijn*	*afkorting*
Andromeda	Andromeda	And
Arend	Aquila	Aql
Beer, kleine	Ursa minor	UMi
Beer, grote	Ursa major	UMa
Beker	Crater	Crt
Boötes	Boötes	Boo
Cassiopeia	Cassiopeia	Cas
Cepheus	Cepheus	Cep
Dolfijn	Delphinus	Del
Draak	Draco	Dra
Driehoek	Triangulum	Tri
Eenhoorn	Monoceros	Mon
Eridanus	Eridanus	Eri
Giraffe	Camelopardalis	Cam
Haas	Lepus	Lep
Hagedis	Lacerta	Lac
Hercules	Hercules	Her
Hond, grote	Canis major	CMa
Hond, kleine	Canis minor	CMi
Hoofdhaar	Coma berenices	Com
Jachthonden	Canes Venatici	CVn
Kreeft	Cancer	Cnc
Kroon	Corona borealis	CrB
Leeuw	Leo	Leo
Lier	Lyra	Lyr
Lynx	Lynx	Lyn
Maagd	Virgo	Vir
Orion	Orion	Ori
Paard, kleine	Equuleus	Equ
Pegasus	Pegasus	Peg
Perseus	Perseus	Per
Pijl	Sagitta	Sag = Sge
Raaf	Corvus	Cor = Crv
Ram	Aries	Ari
Schorpioen	Scorpius	Sco
Schutter	Sagittarius	Sgr
Slang	Serpens	Ser
Slangendrager	Ophiuchus	Oph
Steenbok	Capricornus	Cap
Stier	Taurus	Tau
Tweelingen	Gemini	Gem
Vissen	Pisces	Psc
Voerman	Auriga	Aur
Walvis	Cetus	Cet
Waterman	Aquarius	Aqr
Waterslang	Hydra	Hya
Weegschaal	Libra	Lib
Zuidervis	Piscis austrinus	PsA
Zwaan	Cygnus	Cyg

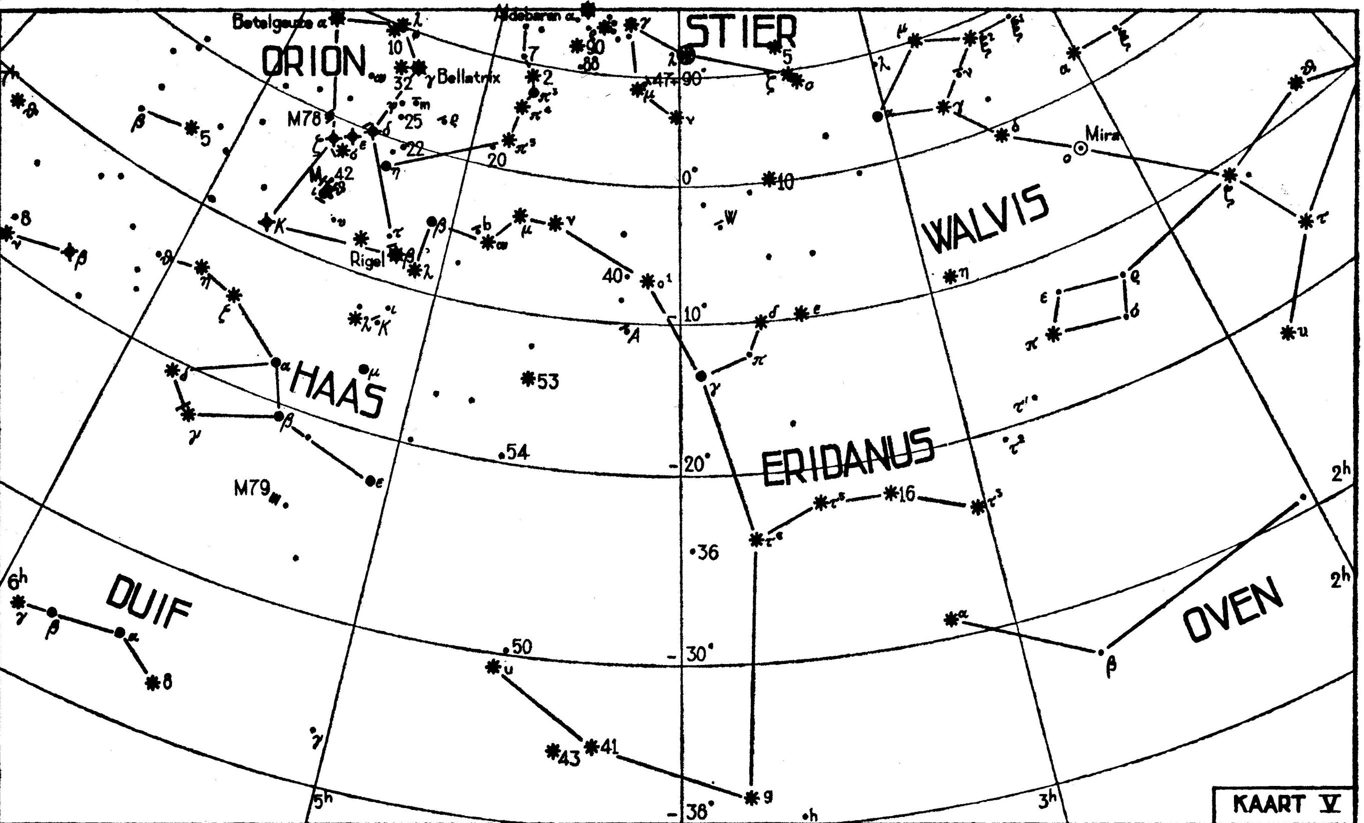


KAART I
GROTE BEER
KLEINE LEEUW
LEEUW
LYNX
GIRAFFE
CASSIOPEIA
ANDROMEDA
DRIEHOEK
PERSEUS
RAM
VOERMAN
STIER
TWEELINGEN
KREEFT
KLEINE HOND
Poolster
Regulus
Praesepe
Pollux
Castor
Geminiden
Capella
Algol
Perseiden
Tauriden
Pleiaden
Aldebaran
Orioniden
Betelgeuze
Bellatrix
Procyon
M97
M82
M81
M31
M33
M103
M34
M36
M37
M38
M1
M67
12h
11h
10h
9h
8h
7h
6h
5h
4h
3h
2h
1h
0h
+90°
+80
+70
+60
+50
+30°
+20

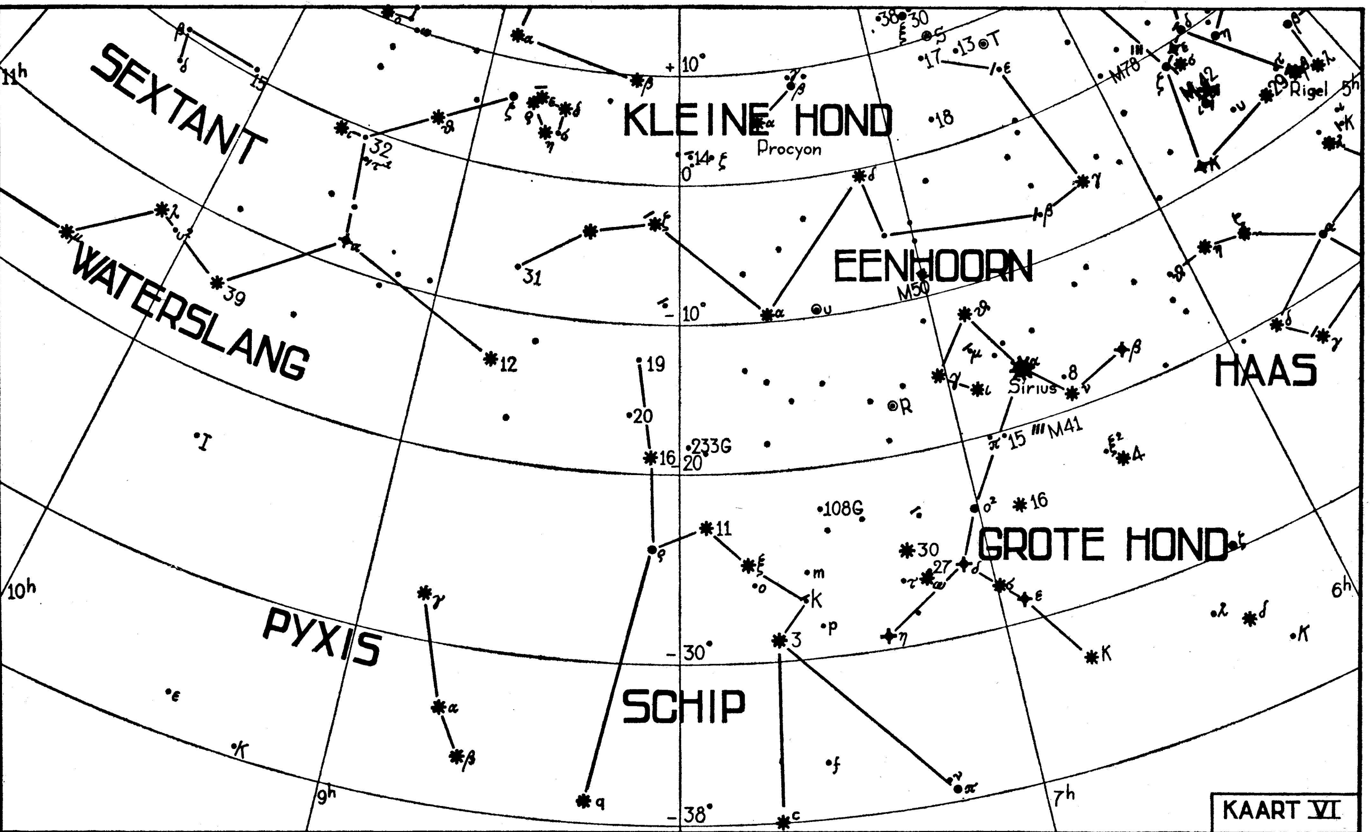

KAART II
KLEINE BEER
DRAAK
CEPHEUS
HAGEDIS
ZWAAN
PEGASUS
JACHTHONDEN
HOOFDHAAR
BOOTES
KROON
HERCULES
SLANG
LIER
VOSJE
DOLFIJN
PAARDJE
PIJL
AREND
Poolster
Ursuliden
Quadrantiden
Draconiden
Lyriden
Deneb
Wega
Altaïr
Arcturus
M52
M39
M15
M27
M57
M92
M13
M51
M53
M3
M5
0h
23h
22h
21h
20h
19h
17h
16h
15h
14h
13h
12h
+90°
+80°
+70°
+60°
+50°
+40°
+20°
+10°

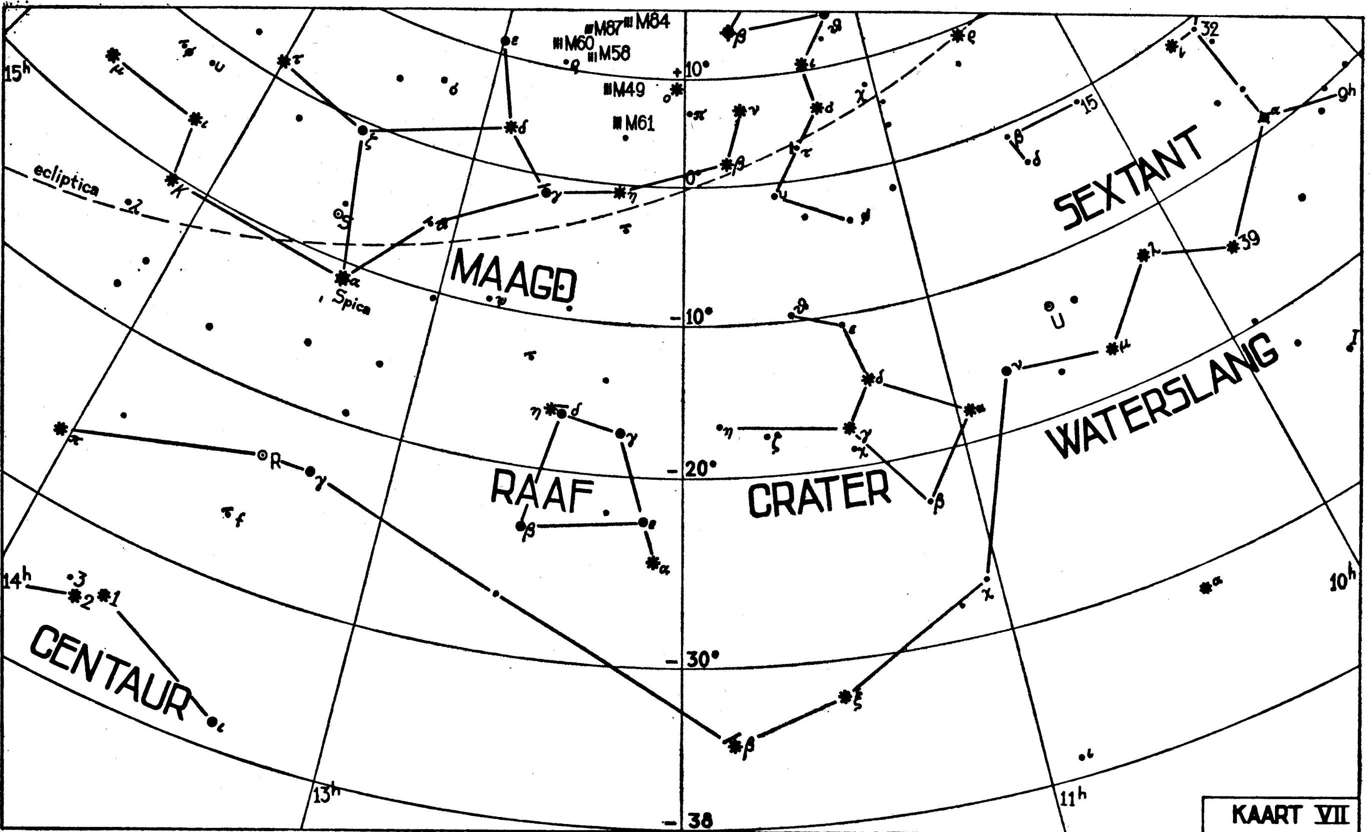

PAARDJE
AREND
SCHILD
SLANG
WATERMAN
STEENBOK
SCHUTTER
Mei-Aquariden
Altair
Scorpiiden
M2
M17
M18
M24
M25
M20
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-38°
17h
18h
19h
21h
22h
23h
KAART III


KAART IV
VISSEN
WALVIS
WATERMAN
ZUIDERVIS
Lentepunt
Mira
Mei-Aquariden
Juli-Aquariden
Fomalhaut
Rechte Klimming α
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-38°
3h
2h
1h
23h
22h
21h

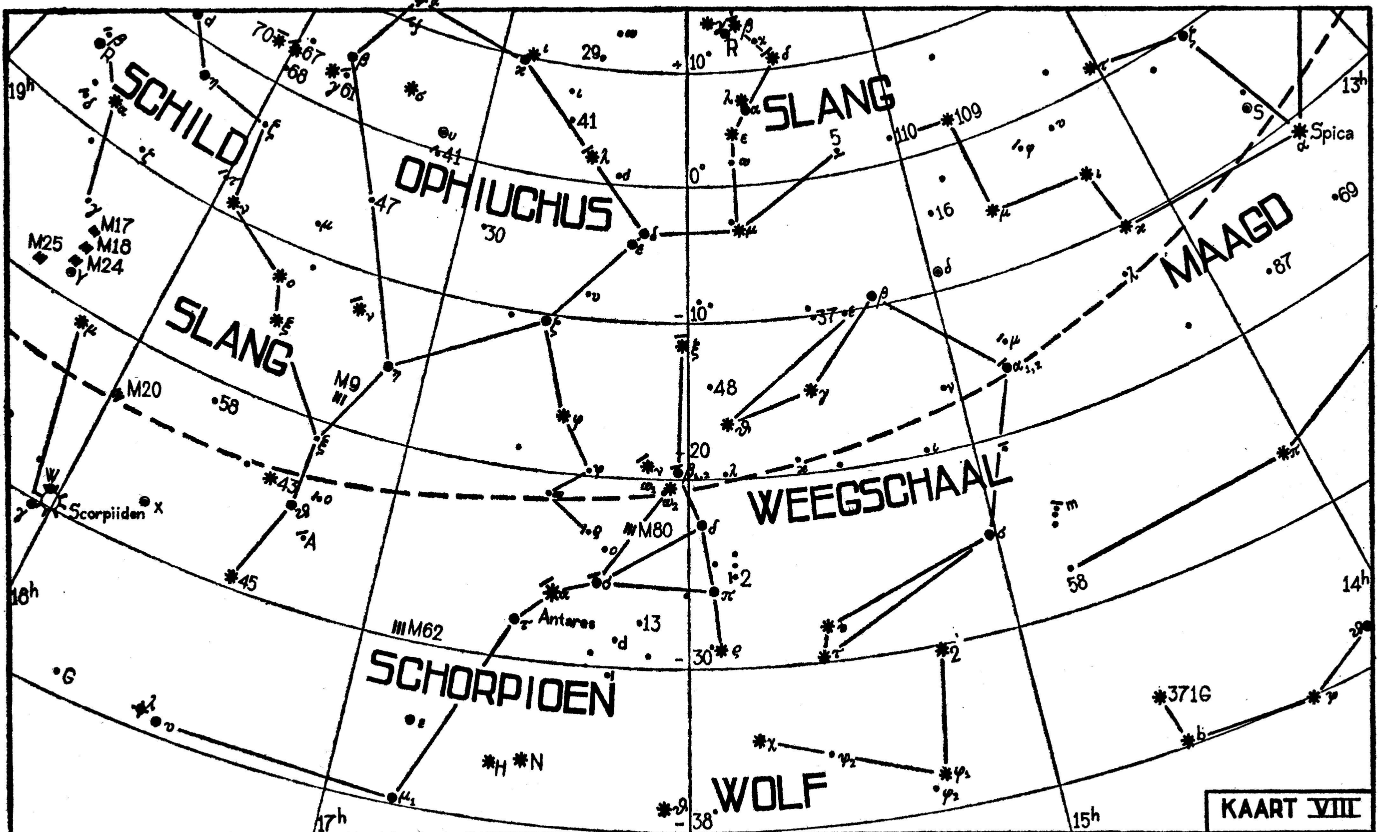


STIER
ORION
WALVIS
ERIDANUS
HAAS
DUIF
OVEN
Betelgeuze α
Aldebaran α
γ Bellatrix
Rigel
Mira
M78
M79
0°
10°
20°
30°
38°
2h
3h
5h
6h
7h
KAART V


SEXTANT
KLEINE HOND
Procyon
EENHOORN
M50
WATERSLANG
HAAS
Sirius
M41
M78
M42
Rigel
GROTE HOND
PYXIS
SCHIP
11h
10h
9h
7h
6h
5h
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-38°
KAART VI



KAART VII
SEXTANT
WATERSLANG
CRATER
MAAGD
RAAF
CENTAUR
ecliptica
Spica
M87
M84
M60
M58
M49
M61
15h
14h
13h
11h
10h
9h
+10°
0°
-10°
-20°
-30°
-38
39
32
15


KAART VIII
SCHILD
SLANG
OPHIUCHUS
SLANG
MAAGD
WEEGSCHAAL
SCHORPIOEN
WOLF
Spica
Antares
Scorpiiden
M17
M18
M24
M25
M20
M9
M80
M62
19h
18h
17h
15h
14h
13h
10°
0°
-10°
-20
-30°
-38°

Lijst van dubbelsterren

sterrenbeeld	*ster*	*afstand in ″*	*magnitudes*		*positiehoek*
Andromeda	56	183	6	6	122°
	π	90	4	8	
	γ	10	2	5	63
Arend	11	16	6	9	
	π	2	6	7	121
Beer, Kleine	α	18	2	9	215
Beer, Grote	ζ/80	707	2	4	71
	ζ	14	2	4	150
	h	24	4	9	
	65 a	14	6	7	114
	65 b	4	6	7	40
	σ	5	5	8	
	57	5	6	8	5
	ξ	2	4	5	
Boötes	μ	108	5	7	172
	δ	105	4	7	79
	ι	38	5	8	330
	κ	13	5	7	238
	π	7	5	6	100
	14^h19^m 9°	6	5	7	190
	39	4	6	7	44
	i	4	5	6	243
	ε	3	3	5	330
	ξ	3	5	7	130
Cassiopeia	1H	76	6	8	269
	ψ^1	32	4	9	
	ψ^2	3	9	9	
	1H b	6	4	8	223
	η	3	5	8	325
	σ	7	5	8	110
	ι	2	5	7	250
Cepheus	δ	41	var	5	191
	β	13	4	8	250
	κ	7	5	8	124
	ξ	6	5	7	285
	o	3	5	8	210
Dolfijn	γ	11	5	6	270
Draak	16/17	90	5	5	15
	17	4	5	6	110
	b_1	89	5	7	22
	b_2	3	5	8	2
	ν	62	5	5	135
	o	32	5	8	340
	ψ	31	5	6	15
	18^h32^m 52°	26	5	8	272

sterrenbeeld	*ster*	*afstand in ″*	*magnitudes*		*positiehoek*
Draak	40/41	20	6	6	243°
	η	6	3	8	143
	ε	3	4	8	3
	μ	2	5	5	150
Driehoek	ι	4	5	6	75
Eenhoorn	8^h03^m —9°	31	6	8	325
	ε	14	5	7	27
	β_1	7	4	6	132
	β_2	3	4	6	105
	ζ	5	5	6	120
Eridanus	b	66	6	8	75
	w	7	5	6	347
	A	6	5	9	
Giraffe	11	180	5	6	8
	β	80	4	8	300
	32H	22	6	6	327
	19H	8	5	8	
	9H	2	5	8	45
Haas	γ	95	4	6	350
	κ	2	5	8	0
Hercules	m	70	6	7	230
	γ	40	4	8	240
	κ	29	5	6	11
	μ	30	4	10	
	δ	22	3	8	
	100	14	6	6	182
	95	6	5	5	260
	α	5	var	6	114
	ρ	4	4	5	312
	ζ	2	3	7	90
Grote Hond	7^h13^m —23°	27	5	7	59
	μ	3	5	8	340
Hoofdhaar	17	145	5	7	251
	12	65	5	8	167
	35 a	29	5	9	124
	35 b	1	5	8	90
	24	20	5	7	271
Jachthonden	15/17	288	6	6	233
	α	20	3	5	227
Kreeft	ι	31	4	7	307
	ζ_1	5	5	7	109
	ζ_2	1	5	6	279
Kroon	ν	360	5	5	
	ξ	6	5	6	303
	σ	5	6	7	210
Leeuw	α	177	2	8	307
	93	74	5	8	

sterrenbeeld	*ster*	*afstand in ″*	*magnitudes*		*positiehoek*
Leeuw	54	6	5	7	108°
	γ	4	2	4	120
Lier	$\varepsilon_1/\varepsilon_2$	207	5	5	173
	ε_1	3	5	6	10
	ε_2	2	5	5	119
	ζ	44	5	6	149
	β	46	var	7	150
	η	28	4	8	82
Lynx	5	96	5	8	272
	12 a	9	5	7	306
	12 b	2	5	6	109
Maagd	12^h15^m —4°	20	7	7	196
	θ	7	4	9	
	γ	6	3	3	
Ophiuchus	67	54	4	8	142
	f	41	6	7	192
	61	20	6	7	94
	o	11	5	7	355
	A	4	5	5	183
	ρ	3	5	6	350
	λ	2	4	6	70
	τ	2	5	6	261
Orion	δ	53	var	7	0
	m	32	5	7	28
	θ_1/θ_2	13	5	6	
	θ_3/θ_4	9	7	8	
	ι	11	3	7	144
	β	10	1	7	201
	ρ	7	5	8	62
	λ	4	4	6	44
	ζ	3	2	4	157
	π^6	3	5	8	180
	σ		4—6—5—8—10		vijfv.
Paard, Kleine	$\gamma/^6$	366	5	6	153
	δ	32	4	10	
	ε_1	11	5	7	73
	ε_2	1	5	6	
Pegasus	ε	138	3	9	
	3	39	7	8	349
	1	36	4	9	310
	78	2	5	8	200
Perseus	η	28	4	8	290
	0	20	4	9	
	θ_1	68	4	10	120
	θ_2	15	4	10	300
	ζ	12	2	9	210
	ε	9	3	8	90

sterrenbeeld	*ster*	*afstand in ″*	*magnitudes*		*positiehoek*
Pijl	ε	92	6	8	81°
Raaf	δ	24	3	8	212
	12^h37^m —13°	5	6	6	304
Ram	14 a	106	6	7	279
	14 b	93	6	9	36
	30	39	6	7	273
	λ	38	5	8	45
	γ	8	4	4	359
	ε	1	5	6	202
Schorpioen	ξ_1/ξ_2	281	4	7	169
	ξ_1/ξ_3	7	4	7	60
	ξ_2/ξ_4	11	7	8	100
	ξ_1/ξ_5	1	4	5	
	ν_1/ν_2	41	4	7	237
	ν_1/ν_3	1	4	7	7
	ν_2/ν_4	2	7	8	48
	16^h15^m — 31°	23	5	7	320
	σ	20	3	8	272
	β	13	3	5	25
	A	3	5	8	276
	α	3	1	7	271
Schutter	μ_1	45	3	10	
	μ_2	40	3	10	
	e_1	45	6	8	42
	17^h54^m—30°	6	5	7	105
Slang	ν	48	4	8	32
	β	31	3	9	
	θ	22	5	5	204
	5	10	5	10	
	d	4	var	8	314
	δ	4	4	5	
Steenbok	β	205	3	6	267
	o	22	6	7	240
	θ	3	5	8	173
Stier	47	1	5	8	358
	σ	429	5	5	
	τ	63	5	7	215
	χ	19	6	8	25
	62	29	6	8	290
	d	69	4	8	
	118	5	6	7	200
Tweelingen	ν	113	4	8	330
	ζ	94	4	7	352
	δ	7	4	8	210
	e	6	5	8	170
	α	5	2	3	215
Vissen	77	33	7	8	83

sterrenbeeld	*ster*	*afstand in ″*	*magnitudes*		*positiehoek*
Vissen	ψ^1	30	6	6	160°
	ζ	24	6	7	64
	α	2	3	4	313
	g	2	5	10	
Voerman	λ	104	5	9	
	θ^1	45	3	9	190
	θ^2	2	3	7	321
	14	14	5	7	225
	4	6	5	8	354
Walvis	ν	8	5	10	
	γ	3	4	7	290
Waterman	ψ	50	4	9	
	94	13	5	7	346
	41	5	5	8	117
	ζ	3	4	4	310
Waterslang	τ^1	66	5	8	3
	f	10	5	7	192
	m	9	5	7	129
	ε	3	4	8	242
	β	1	4	6	
Weegschaal	α	231	3	5	314
	14^h53^m—21°	18	6	7	300
Zuidervis	γ	2	5	9	
	β	30	4	8	172
Zwaan	48	178	6	7	175
	79	153	6	7	59
	o	107	4	7	174
	c	38	6	6	135
	β	34	3	6	56
	17	26	5	8	70
	61	24	5	6	133
	f	21	5	9	
	52	7	4	9	
	ψ	4	6	8	
	δ	2	3	8	273

Voornaamste met een kleine kijker zichtbare veranderlijke sterren

Bedekkingsveranderlijken (z.g. Algolsterren)

	m		*periode*	eerste minimum in 1960
U van Cepheus	6.8 tot	9.2	2.49288 dagen	2436 934.642
RZ van Cassiopeia	6.3	7.8	1.1953	2436 934.999
Algol	2.2	3.5	2.867315	2436 936.296
λ van de Stier	3.8	4.1	3.952917	2436 935.190
R van Grote Hond	5.4	6.0	1.55272	2436 933.711
δ van de Weegschaal	4.8	5.9	2.327347	2436 935.138
U van Ophiuchus	5.7	6.4	1.677334	2436 933.702
β van de Lier	3.4	4.5	12.907619	2436 942.509

Cepheïden

T van de Eenhoorn	5.8 tot	6.8	27.01 dagen
ζ van de Tweelingen	3.7	4.1	10.15
RT van de Voerman	5.4	6.6	3.73
X van de Schutter	4.8	5.9	7.01
W van de Schutter	4.7	6.1	7.59
Y van de Schutter	5.7	6.8	5.77
η van de Arend	3.7	4.4	7.18
T van de Vos	5.4	6.3	4.44
δ van Cepheus	3.7	4.4	5.37

Langperiodieke veranderlijken (z.g. Mira-sterren)

				eerste maximum na 1 januari 1960
R van Andromeda	5.6 tot	14.7	419 dagen	9 februari
o van de Walvis	2.0	10.1	332	18 juli
R van de Leeuw	5.0	10.5	309	19 maart
R van Grote Beer	5.9	13.6	299	9 augustus
T van Grote Beer	5.5	13.5	262	12 januari
R van Waterslang	3.5	10.1	415	30 januari
S van de Maagd	6.2	12.5	380	30 augustus
R van Boötes	5.9	12.8	226	2 augustus
R van de Slang	5.6	13.8	354	6 maart
S van Hercules	5.9	13.1	316	18 juni
χ van de Zwaan	4.0	13.0	410	11 oktober
R van de Arend	5.5	11.8	311	18 mei
R van de Zwaan	5.6	14.4	428	19 oktober
T van Cepheus	5.2	10.8	396	15 november
R van de Waterman	5.8	10.8	383	29 januari
R van Cassiopeia	4.8	13.6	426	9 juli

Halfperiodieke veranderlijken

U van de Eenhoorn	5.4 tot	7.2	92 dagen
R van het Schild	4.5	9.0	145
T van de Walvis	5.2	6.0	160

Langperiodieke bedekkingsveranderlijken

				eerstvolgende minimum
ε van de Voerman	3.1 tot	3.8	9883 dagen	1972 tot 1974
ζ van de Voerman	3.9	5.6	972	2 mei tot 10 juli 1962
VV van Cepheus	4.9	5.7	20 jaar	1976—1977

Onregelmatige veranderlijken

α van Orion	0.1 tot	1.2
ρ van Cassiopeia	4.4	5.1
UU van Voerman	5.1	6.8
α van Cassiopeia	2.1	2.6
μ van Cepheus	4.0	4.8
ρ van Perseus	3.3	4.1
α van Hercules	3.1	3.9
U van de Waterslang	4.8	5.5
R van de Lier	4.0	4.5
d van de Slang	5.0	5.7
κ van de Slangendrager	4.1	5.0
η van de Tweelingen	3.2	4.0

Messier's catalogus van nevels en sterrenhopen

NR.	nr. in N.G.C.	1950.0 rechte klimming (h m)	1950.0 declinatie	m	opmerkingen	afmetingen	sterrenbeeld	afstand in lichtjaren	opmerkingen
1	1952	5 31.5	21°59′	10	P.N. Krabnevel	6′ bij 4′	Stier		
2	7089	21 30.9	— 1 03	7	Bolv. Sth.	12	Waterman	45 000	
3	5272	13 39.9	28 38	6	Bolv. Sth.	19	Jachthonden	40 000	
4	6121	16 20.6	—26 24	6	Bolv. Sth.	23	Schorpioen	23 000	
5	5904	15 16.0	2 16	6	Bolv. Sth.	20	Slang	35 000	
6	6405	17 36.7	—32 11	6	Open Sth.	26	Schorpioen	6 700	sterren 8 tot 12 m
7	6475	17 50.6	—34 48	5	Open Sth.	50	Schorpioen		
8	6523	18 00.7	—24 23		D.N. - Saggitariusnevel	90 bij 60	Schutter	3 600	
9	6333	17 16.2	—18 28	7	Bolv. Sth.	6	Ophiuchus		
10	6524	16 54.5	— 4 02	7	Bolv. Sth.	12	Ophiuchus		
11	6705	18 48.4	— 6 20	6	Open Sth.	12	Schild	6 500	
12	6218	16 44.6	— 1 52	7	Bolv. Sth.	12	Ophiuchus	36 000	
13	6205	16 39.9	36 33	6	Bolv. Sth.	23	Hercules	33 500	
14	6402	17 35.0	— 3 13	8	Bolv. Sth.	7	Ophiuchus		
15	7078	21 27.6	11 57	6	Bolv. Sth.	12	Pegasus	42 000	
16	6611	18 16.0	—13 48	7	Open Sth.	8	Slang		
17	6618	18 17.9	—16 12		D.N. Omega N.	46 bij 37	Schutter	3 000	
18	6613	18 17.0	—17 09	7	Open Sth.	7	Schutter		
19	6273	16 59.5	—26 11	7	Bolv. Sth.	5	Ophiuchus		
20	6514	17 59.6	—23 02		D.N. Trifid N.	29 bij 27	Schutter	3 200	
21	6531	18 01.6	—22 30	7	Open Sth.	12	Schutter		
22	6656	18 33.3	—23 58	6	Bolv. Sth.	17	Schutter	22 000	
23	6494	17 53.9	—19 01	7	Open Sth.	27	Schutter	3 100	120 sterren van 9 tot 14 m
24	6603	18 15.5	—18 26	6	Open Sth.	4	Schutter		
25	IC 4725	18 28.8	—19 17		Open Sth.	35	Schutter		
26	6694	18 42.5	— 9 27	8	Open Sth.	9	Schild		

		h m							
27	6853	19 57.5	22 35	8	Plan. Nevel	8 bij 4	Vos	3 400	
28	6626	18 21.5	— 24 54	8	Bolv. Sth.	15	Schutter		
29	6913	20 22.1	38 22	7	Open Sth.	7	Zwaan		
30	7099	21 37.5	— 23 25	8	Bolv. Sth.	9	Steenbok		
31	224	0 40.0	41 00	4	Sp. Andromedan.	160 bij 40	Andromeda	2 000 000	
32	221	0 40.0	40 36	9	Sp. begeleider	3′ bij 2′	Andromeda	2 000 000	
33	598	1 31.1	30 24	7	Sp.	60 bij 40	Driehoek	2 000 000	
34	1039	2 38.8	42 34	6	Open Sth.	30	Perseus		
35	2168	6 05.8	24 21	6	Open Sth.	29	Tweelingen	3 800	120 sterren
36	1960	5 32.8	34 06	6	Open Sth.	16	Voerman	4 400	70 sterren 8 tot 11 m
37	2099	5 49.1	32 32	6	Open Sth.	24	Voerman	5 200	200 sterren
38	1912	5 25.3	35 48	7	Open Sth.	18	Voerman	4 000	120 sterren
39	7092	21 30.4	48 13	6	Open Sth.	32	Zwaan	1 000	25 sterren
41	2287	6 44.9	— 20 41	6	Open Sth.	32	Grote Hond	1 400	150 sterren 8 tot 11 m
42	1976	5 32.9	— 5 25		D.N. Orionnevel	66 bij 60	Orion	1 000	
43	1982	5 33.1	— 5 18		deel van M 42				
44	2632	8 37.2	20 10		O.S. Praesepe	90	Kreeft	520	500 sterren 6 tot 17 m
45		3 44.5	23 57		O.S. Pleiaden	120	Stier	400	230 sterren 3 tot 14 m
46	2437	7 39.6	— 14 42	9	Open Sth.	27	Schip		
49	4472	12 27.3	8 16	9	Sp.	4 bij 4	Maagd		
50	2323	7 00.6	— 8 16	6	Open Sth.	16	Eenhoorn	2 600	40 sterren 9 tot 12 m
51	5194	13 27.8	47 27	9	Sp.	12 bij 6	Jachthonden	5 000 000	
52	7654	23 22.0	61 19	7	Open Sth.	13	Cassiopeia	6 500	sterren 9 tot 13 m
53	5024	13 10.5	18 26	8	Bolv. Sth.	14	Hoofdhaar	65 000	
54	6715	18 52.0	— 30 32	8	Bolv. Sth.	6	Schutter		
55	6809	19 36.9	— 31 03	5	Bolv. Sth.	15	Schutter		
56	6779	19 14.6	30 05	8	Bolv. Sth.	5	Lier		
57	6720	18 51.8	32 58	9	P.N. Ringnevel	1 bij 1	Lier	1 600	
58	4579	12 35.1	12 05	10	Sp.	4 bij 3	Maagd		
59	4621	12 39.5	11 55	11	Sp.	3 bij 2	Maagd		
60	4649	12 41.1	11 49	10	Sp.	4 bij 3	Maagd	22 500 000	
61	4303	12 19.4	4 45	10	Sp.	6 bij 6	Maagd		

NR.	nr. in N.G.C.	1950.0 rechte klimming (h m)	1950.0 declinatie	m	opmerkingen	afmetingen	sterrenbeeld	afstand in lichtjaren	opmerkingen
62	6266	16 58.1	—30 03	7	Bolv. Sth.	6	Ophiuchus		
63	5055	13 13.5	42 17	10	Sp.	8 bij 3	Jachthonden		
64	4826	12 54.3	21 57	8	Sp.	8 bij 4	Hoofdhaar	4 000 000	
65	3623	11 16.3	13 23	10	Sp.	8 bij 2	Leeuw	15 000 000	
66	3627	11 17.6	13 17	9	Sp.	8 bij 2	Leeuw	12 000 000	
67	2682	8 48.5	12 00	7	Open Sth.	18	Kreeft	2 200	sterren 10 tot 15 m
68	4590	12 36.8	—26 29	8	Bolv. Sth.	9	Waterslang		
69	6637	18 28.1	—32 23	8	Bolv. Sth.	4	Schutter		
70	6681	18 40.0	—32 21	9	Bolv. Sth.	4	Schutter		
71	6838	19 51.5	18 39	9	Bolv. Sth.	6	Pijl		
72	6981	20 50.7	—12 44	9	Bolv. Sth.	5′	Waterman		
73	6994	20 56.2	—12 50		vier sterren		Waterman		
74	628	1 34.0	15 32	11	Sp.	8 bij 8	Vissen		
75	6864	20 03.2	—22 04	8	Bolv. Sth.	5	Schutter		
76	650	1 39.1	51 19	11	Planetaire N.	2 bij 1	Perseus		
77	1068	2 40.1	— 0 14	9	Sp.	2 bij 2	Walvis		
78	2068	5 44.2	0 02		Diffuse nevel	8 bij 6	Orion		
79	1904	5 22.2	—24 34	8	Bolv. Sth.	8	Haas		
80	6093	16 14.1	—22 52	7	Bolv. Sth.	5	Schorpioen	57 000	
81	3031	9 51.5	69 18	8	Sp.	16 bij 10	Grote Beer	7 000 000	
82	3034	9 51.9	69 56	9	Sp.	7 bij 2	Grote Beer	8 000 000	
83	5236	13 34.3	—29 37	9	Sp.	10 bij 8	Waterslang		
84	4374	12 22.6	13 10	10	Sp.	3 bij 3	Maagd	18 000 000	
85	4382	12 22.8	18 28	10	Sp.	4 bij 2	Hoofdhaar		
86	4406	12 23.7	13 13	10	Sp.	4 bij 3	Maagd		
87	4486	12 28.3	12 40	10	Sp.	3 bij 3	Maagd		
88	4501	12 29.5	14 42	10	Sp.	6 bij 3	Hoofdhaar		
89	4552	12 33.1	12 50	11	Sp.	2 bij 2	Maagd		
90	4569	12 34.3	13 26	11	Sp.	6 bij 3	Maagd		

92	6341	17 15.6	43 12	6	Bolv. Sth.	12	Hercules	36 000	
93	2447	7 42.5	—23 45	6	Open Sth.	18	Schip		
94	4736	12 48.6	41 23	8	Sp.	5 bij 4	Jachthonden	5 000 000	
95	3351	10 41.3	11 58	11	Sp.	3 bij 3	Leeuw		
96	3368	10 44.2	12 05	10	Sp.	7 bij 4	Leeuw		
97	3587	11 11.9	55 18	11	P.N. Uilnevel	3 bij 3	Grote Beer	12 000	
98	4192	12 11.3	15 11	11	Sp.	8 bij 2	Hoofdhaar		
99	4254	12 16.3	14 42	10	Sp.	4 bij 4	Hoofdhaar		
100	4321	12 20.4	16 06	10	Sp.	5 bij 5	Hoofdhaar		
101	5457	14 01.4	54 35	8	Sp.	22 bij 22	Grote Beer	4 500 000	
103	581	1 29.9	60 26	7	Open Sth.	6	Cassiopeia	8 000	**sterren 7 tot 11 m**
104	4594	12 37.3	—11 21	8	Sp.	7 bij 2	Maagd		
105	3379	10 45.2	12 51	10	Sp.	2 bij 2	Leeuw		
106	4258	12 16.5	47 35	10	Sp.	20 bij 6	Jachthonden		
107	6171	16 29.7	—12 57	9	Bolv. Sth.	8	Ophiuchus		
108	3556	11 08.7	55 57	10	Sp.	8 bij 2	Grote Beer		
109	3992	11 55.0	53 39	11	Sp.	7	Grote Beer		

Opmerkingen:
De nummers 40, 47, 48, 91, en 102 ontbreken.
Bolv. Sth. is Bolvormige sterrenhoop.
Open Sth. is Open sterrenhoop, soms ook afgekort met O.S.
Planetaire Nevel is enkele malen afgekort met Plan. N. of P.N.
Diffuse nevel is afgekort als D.N.; hieronder bevinden zich zowel donkere als lichtgevende objecten.
Sp. is de afkorting voor extragalactische nevel. Niet altijd vertoont zo'n nevel een spiraalstructuur, want in zeer veel gevallen is het een elliptische nevel.
De magnitudes zijn visueel.
Bovenstaande lijst is ontleend aan *Sky and Telescope 13*, 157, 1954.

Register

Aarde 9, 10, 39
aequinoctium 245
afstanden in graden 29
afstandsmodulus 103
Ahnert 63
albedo, normale 160
Algol 85
  minima van 92
  periode van 86
  waarnemen 90
Alkor 27
Alpen 150
Alphonsus 151, 158
amaril 126
amateursterrenwacht, bouw van 18
ammoniak 178
Andromeda, R van 209
Andromedanevel 13, 212, 263
Andromediden 73
Antoniadi 166
Apennijnen 150
apex 69
Argelander 86
Ariës 37
Aristarchus 149
astrocamera bouwen 233
astrofotografie 226, 231
  camera voor 233
Atlas 156
atmosfeer 55
azimuth 46, 78
azimuthlijn 80

Balmerlijnen 240
bedekkingsveranderlijken 260
  langperiodieke 210, 261
  zonder kijker waarneembare 93
belichtingstijd 237
Bessel 102
Beyer, M. 218
Boötes, R. van 209
Boötiden 71
Bronshtein 167
Brunner 202
buigingsringen 145

Callisto 181
camera, extra vergroting van 238
  rendabiliteit van een 229
  Super Schmidt 228
Capella 36
carborundum 123, 125, 126
Cassini, J. D. 190
Cassiopeia 36
Cepheïden 13, 97, 260
  zonder kijker waarneembare 98
Cepheus 36
  VV van 210
Ceres 197
circumpolairsterren 36
cirkels, gebruik van verdeelde 140
Clark 208
coma 75, 234
coördinaten 224
Copernicus 13, 149
correctie, geocentrische 184
Crabnevel 262
culminatie 36, 141

Dampkring 239
datum, Juliaanse 91
declinatie 35
diafragma 137
diameter 50
dierenriem 37
Dione 194
donkere kamer 241
draadmicrometer 207
draaggolf, ongemoduleerde 84
Draconidenregen 73
drijfwerk 227
dubbelsterren 138, 205, 206
  fysische 88, 207
  lijst van 255 e.v.
  optische 87
  schijnbare baan 207
  zonder kijker zichtbare 88
dwergsterren 207

Ecliptica 37
Eddington 99
Eggen 89
elongatie,
  oostelijke 50, 61, 189, 193
  westelijke 50, 61, 189, 193
emissiespectrum 240
Eunomia 197
Europa 181
explosie 63
extinctie 57
  -coëfficiënt 56
  -grafiek 58
extrafocaal waarnemen 218

Fabricius 101
facet 125
fasehoek 161
Fauth 164
filmmateriaal 230
filters 234
Flamsteed 194
fluittoontje 84
focussering 232
fotograferen 236
fotometer 235, 243
fotometrie, eenvoudige 220
  foto-elektrische 221
foto's uitmeten 242
fotoweerstand B 8 73103 221
Fraunhofer 239
frequentiecurve 72

Galileï 147, 180, 192
Ganymedes 181
gasnevels 213
Geminiden 231
golflengte 239
Goodricke, John 85
gradennet van α en δ 39
grensgrootte 229
Griekse alfabet 27, 245
Grote Beer 25, 27, 29

Helderheid bepalen 54- 234
helderheidsvariaties 234
Hemel en Dampkring
  21, 129, 200, 225
hemelbol 10
hemelequator 35
Hercules,
  bolvormige sterrenhoop in 262
Herschel 102, 194
Hevelius 147
hoes 20
hoogtemeter, maken van een 32
horizon 28, 29
Huygens 192

Instelcirkels - gebruik 140
Internationale Astronomische
  Unie 147
Io 181

Jacchia 72
jakobstaf 33, 34
Japetus 193
Juno 197
Jupiter 52, 178, 235
  banden van 178
  bedekkingen van de
  wachters van 185
  data van opposities van 52
  diameter van 180
  het passeren van de
  maantjes voor 187
  posities van de manen van 181
  rode vlek op 179
  schaduwkegel van 187
  snelle asdraaiing van 179
  spectrum van 178
  wolken op 178
Jupitermanen 180

Kadaster 224
Karpathen 150
Kaukasus 150
Kepler 149
Kleine Beer 34
kleurschifting 145
klimming, rechte 36, 37
klok 65
klokcorrectie 65
komeet, verschijnen van een 217
  van 1939 72
  Giacobini-Zinner- 74
  van Halley 73
kometen 71, 217
  fotograferen 233
  staart van 217, 234
koolzuur 175
Kopal 89
Kosyrev 151, 158
Kuiper 95, 168, 173
kunstmanen fotograferen 242
kijker 12, 14
  azimuthale
  opstelling van 121, 143
  fundering van de 18
  keuren van een 145
  lichtwinst van een 111, 135
  opening van de 15
  opstelling van de 121
  parallactische op-
  stelling van 121, 132
  principe van een azimuthaal
  thaal opgestelde 33
  prijzen van 128
  vergroting van 109
  volg- 232
Leavitt 103
Leeuw, R. van de 209
lentepunt 36
lenzenkijker bouwen 118
Leoniden 73

leven op andere werelden 169
Leverrier 16
libraties 154
lichtjaar 96
lichtkromme 66, 67, 103
  van veranderlijke sterren 88
lichtwinst 112 232
Lier, β van de 94
  ringnevel in de 213
Linné 154
Lowell 167
lunatie 161
Lyriden 72
  gemiddelde helderheid der 73

Maan 23, 147
  Falkkaart van de 155
  fasen van de 160
  -gebergten 150, 165
  -gesteente, kleuren van 161, 163
  helderheidsschattingen
  van de 159
  -kaarten 147
  -kraters 148, 149, 163
  kraterputjes van de 149
  -rillen 150
  ringvormige
  gebergten van de 163
  -stralen 149
  -verduistering 105
  -vlakten 149
Mac Laughlin 87
Magellaanse wolken 103
magnitude 25, 54
  absolute 103
Mare Crisium 155
Mare Imbrium 150
Mare Nectaris 155
Mare Serenitatis 154
Mars 23, 53
  atmosfeer 175
  -bewoners 169
  dampkring van 170
  data van oppo-
  sities van 54, 169
  fasen van 171
  -kanalen 175
  pool van 170
  tekeningen van 170
  vegetatie op 174, 176
  waarneming van 54, 170
  wolken op 174, 176
Mercurius 13, 60, 61, 142, 165
meridiaan 36

Messier 214
  catalogus van 254
Meteoor, de 22, 128, 174, 197, 234
meteoren 14, 62
  baan van de 66, 77
  simultaan waarnemen van 228
  sporadische 70
  veld- 82
  waarnemen van 64, 228
  waarnemen met een
  radiotoestel 84
meteorieten 63
meteoroide 62
methaangas 178, 195
Michelson 167
micrometeorieten 63
  met een magneet vinden 64
Mira 100, 209
  -sterren 101, 209, 260

Nautical Almanac 161
Nederlandse Vereniging voor
  Weer- en Sterrenkunde 21
Neptunus 16, 61, 196
nevel, Orion- 213, 255
nevels, donkere 213
  extragalactische 212, 213
  gas- 213
  planetaire 213
  in de melkweg 213
New General Catalogue 212
noordpool 29, 34
North Polar Sequence 135, 243

Objectief 15, 113
O'Byrne 138
occultatie 189
oculair 114
  gezichtsveld van de 143
  Huygens- 114
  Kellner- 115
  orthoscopisch 116
  Ramsden- 114
  -spectroscoop 240
Omeganevel 262
omloopstijd 50
O'Neill, John 155
ontwikkelen 241
Oort 217
op oplossend vermogen 138
opstelling, Cassegrain- 117
  Newton- 117
  parallactische vaste 227
  vaste 17
Orion 54
  W van 209

-nevel 213, 263
Orioniden 73
Oude Delft, De 129

Pallas 197
paraboliseren 127
Pegasus 37
pek 126
penumbra 199
periodiciteit, elfjarige 200
Perseïden 70, 83, 231
-radiant zelf bepalen 70
spectra van de 241
Perseus 85
χ en h van 216
Peterson 138
Petrov 167
planeten 9, 13, 49
afstand tot de 50
waarnemen van de 110
planetoiden 61, 196
fotograferen 233, 234
Plato 154
Pleiaden 137, 216, 232, 263
Pluto 61, 196
Polaris, firma 122
poolkroon 108
poollicht 106
poolster 24, 29, 34
Posidonius 154, 156
Praesepe 216, 263
Prentice 71
prismakijkers 130
Proclus 149
projectie, gnomonische 66
-systeem 47
Ptolemaeus 25, 54
pulsatie 100
-theorie 152

Quadrantiden 71
maximum van 72

Radiant 70, 82
radiatiepunt 83
radiostraling 239
radiotelescopen 143
radiotijdsein 65, 141, 223
reflector 116, 128
refractor 113
Rhea 194
Riccioli 147
ringnevel in de Lier 213
roodverschuiving 100
Rosse 156

Saggitariusnevel 262
Saros 18
Saturnus 52, 189
data van opposities 53
diameter van 191
maantjes van 192
ring van 190, 191
witte vlek op 191
Scaliger, Julius 91
schaduwovergang 189
schatten, helderheid van
~~sterren~~ scheidend vermogen 54 - 138
Schiaparelli 166, 175
Schild, R. van het 209
schrijftafelamateur 16
scintillatie 111
Secretan 220
sector, draaiende 230
seeing 111
precies te bepalen 140
sextant 32
Shapley 99, 212
Sirius 208
Sky and Telescope 197, 265
slijpschijf 123
spectra maken 239
spectra van de Perseïden 241
spectrograaf 240
spiegel, polijsten van de 126
-schijf 123
slijpen 122
spoor, verlicht 76
staart 75
stelsel, achromatisch 116
ster, afstand van een 102
-bedekking 222, 224
sterrenatlas 213, 245
sterrenbeelden,
namen van 245, 246
sterren, dubbel-
138, 205, 206, 254 e.v.
Sterrengids
22, 23, 39
50, 60, 80, 91
160, 174, 196, 197
sterren, helderheid van 243
sterrenhopen, bolvormige 215
open 216
sterrenkaart,
draaibare 23, 39, 40, 52
tekenen van 39
sterrenregen, 68, 69
ouderdom van 74
sterrentijd 60, 141
Amersfoortse 80

Greenwich- 60, 80
sterren, veranderlijke 260
sterrenwacht, eigen 17
Yerkes 235
stikstof 175
stralingsevenwicht 100
subradianten 73

Terminator 164
Tethys 194
Titan 192
trapverzwakker 242
turbulentie 96, 111
Tweelingen 194
Tycho 149
tijdcorrectie 223
tijdstip van minimum afleiden 90

Uilnevel 265
umbra 199
Uranus 61, 194
helderheid van 195
rotatieas van 195
uuras 132, 140
uurcirkel - instellen 140
uurhoek 142
uurwerkhoek 223

Variabelen, regelmatige 209
variatie, azimuthale 69
veldmeteoren 82
Venus 50, 142, 165, 166
atmosfeer van 167
fasen van 167
rotatieperiode van 168
schijngestalten van 166
spectrum van 168
veranderlijken, halfperiodieke 261
veranderlijken, indeling van alle soorten 97
veranderlijken, onregelmatige 261
Vereniging voor Sterrenkunde,
Verdeelcirkels - gebruik van 140
veranderlyke - helderheid schatten 54 en 234
Meteorologie, Geophysica en aanverwante wetenschappen in België 21
vergelijkingssterren 90
vergroten 241
verlichting 65
Vesta 197
Villiger 168
Vissen 36
Voerman 36
volgkijker 232
volgmechanisme 238
vuurbollen 75
baan van de 76
schatten van de grootte van coma en staart 76

Waarnemingshoek 23
waterstof 195
Werkgroep Meteoren 66, 76, 218, 229
Werkgroep Sterbedekkingen 225

Yerkes sterrenwacht 235

Zaklantaarn 66
Zeiss Planetarium 22
zenith 36
-attractie 83
magnetisch 108
zon 9, 143
declinatie van de 144
diameter van de 145
rotatie van de 201
zonnevlekken 198
aantal 200
classificatie 203
-getal 200
waarnemen van 199, 202
zonsverduistering 105
zwartingskromme 242

Literatuurlijst

A l g e m e e n o r i ë n t e r e n d : M. Minnaert, *De sterrekunde en de mensheid,* Servire 1946.

S c h o o l b o e k e n : M. L. Kobus en J. J. Raimond, *Kosmografie,* Groningen 1960.

L e e r b o e k e n : H. N. Russell, R. S. Dugan, J. Q. Stewart, *Astronomy* — B. Strömgren, *Lehrbuch der Astronomie* — O. Thomas, *Astronomie.*

A l g e m e n e p o p u l a i r e b o e k e n : G. v. d. Bergh, *Aarde en wereld in ruimte en tijd* — A. J. M. Wanders, *In het rijk van zon en sterren* — *Larousse Encyclopedia of Astronomy* — *The Harvard Monographs.*

T i j d s c h r i f t e n : *Hemel en Dampkring* (maandblad), *De Meteoor* (6 keer per jaar), *Sky and Telescope* (maandblad), *l'Astronomie* (maandblad).

S t e r a t l a s s e n : R. Schürig-P. Götz, *Himmel-Atlas,* tot 6.6. m. — A. P. Norton, *A Star Atlas,* tot 6.3 m. — R. Becvar, *Atlas of the Heavens,* tot 7¾ m. — W. Webb, *Atlas of the Stars,* tot 9 m.

M a a n k a a r t e n : A. Elger, *Map of the Moon,* diameter maan 50 cm, op linnen — F. Lamèche, *Carte Générale de la Lune,* diameter 62 cm. — Falk, *Mondbildkarte,* diameter 56 cm, in reliëf.

M a a n s t u d i e : A. J. M. Wanders, *Op ontdekking in het maanland* — P. Moore, *A Guide to the Moon.*

P l a n e t e n : P. Moore, *The planet Venus* — A. J. M. Wanders, *De planeten en hun raadsels* — J. Weenen, *Gesleept door de zon* — G. de Vaucouleurs, *La planète Mars* (ook in het Engels) — A. J. M. Wanders, *Het raadsel Mars* — B. Peek, *The planet Jupiter* — P. Moore, *A guide to the planets.*

M e t e o r e n e n k o m e t e n : H. Groot, *Kometen en vallende sterren* — Lovell, *Meteor Astronomy* — K. Wurm, *Die Kometen* — G. Porter, *Comets and Meteor Streams.*

P o o l l i c h t e n : L. Harang, *The aurorae.*

Z o n : M. Minnaert, *Natuurkunde van de zon* — L. Bruhat, *Le soleil* — M. Waldmeier, *Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung* — P. Kuiper, *The Sun.*

S t e r r e n e n n e v e l s : W. Becker, *Sterne und Sternsysteme* — B. Bok-P. M. Bok: *The milky way* — L. Cambell-A. J. C. Jachhia, *The story of variable stars* — F. Dufay, *Nébuleuses galactiques et matière interstellaire* — H. Shapley, *Galaxies* — E. Hubble, *The realm of the nebulae.*

K i j k e r s e n k i j k e r b o u w : L. Thompson, *Making your own telescope* — *Amateur telescope making* I en II — A. Niklitschek, *Sternwarte für Jedermann* — G. van Herk, *Astronomische Instrumenten* — M. Dimitroff-G. J. Baker, *Telescopes and Accessories.*

F o t o g r a f i e : A. Selwyn, *Photography in Astronomy* — *Astrophotography with your own camera* (Kodak publ.) — L. King, *A manual of celestial photography.*

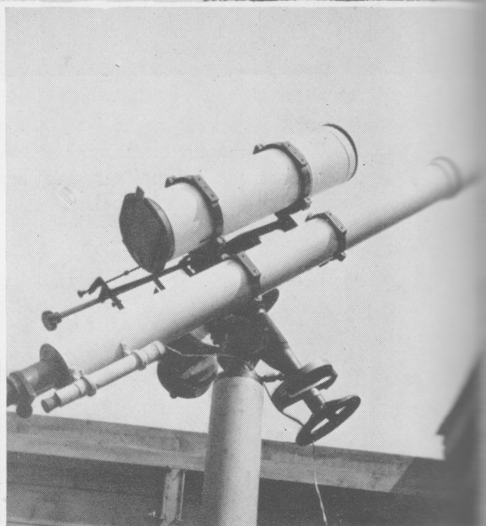
A l m a n a k k e n e n l i j s t e n : *Sterrengids* (Groningen) — *Annuaire Astronomique* (Société Astronomique de France) — *Handbook of the British Astronomical Association* — *Astronomical Ephemeris* (de officiële almanak).

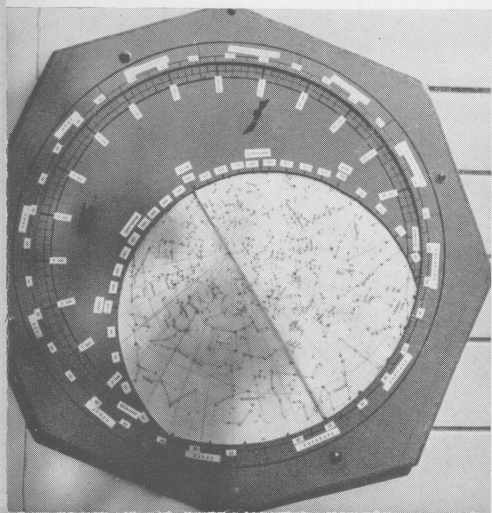
Voor eventuele speciale wensen wende men zich tot het bureau van de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde (Zeiss Planetarium, Den Haag) of tot de bibliotheek van een der Sterrenwachten.

I. Twee amateursterrenwachten van formaat; boven die van Mak te Sneek met een opklapbaar dak, beneden die van Meeus te Kessel-Lo bij Antwerpen met een koepel.

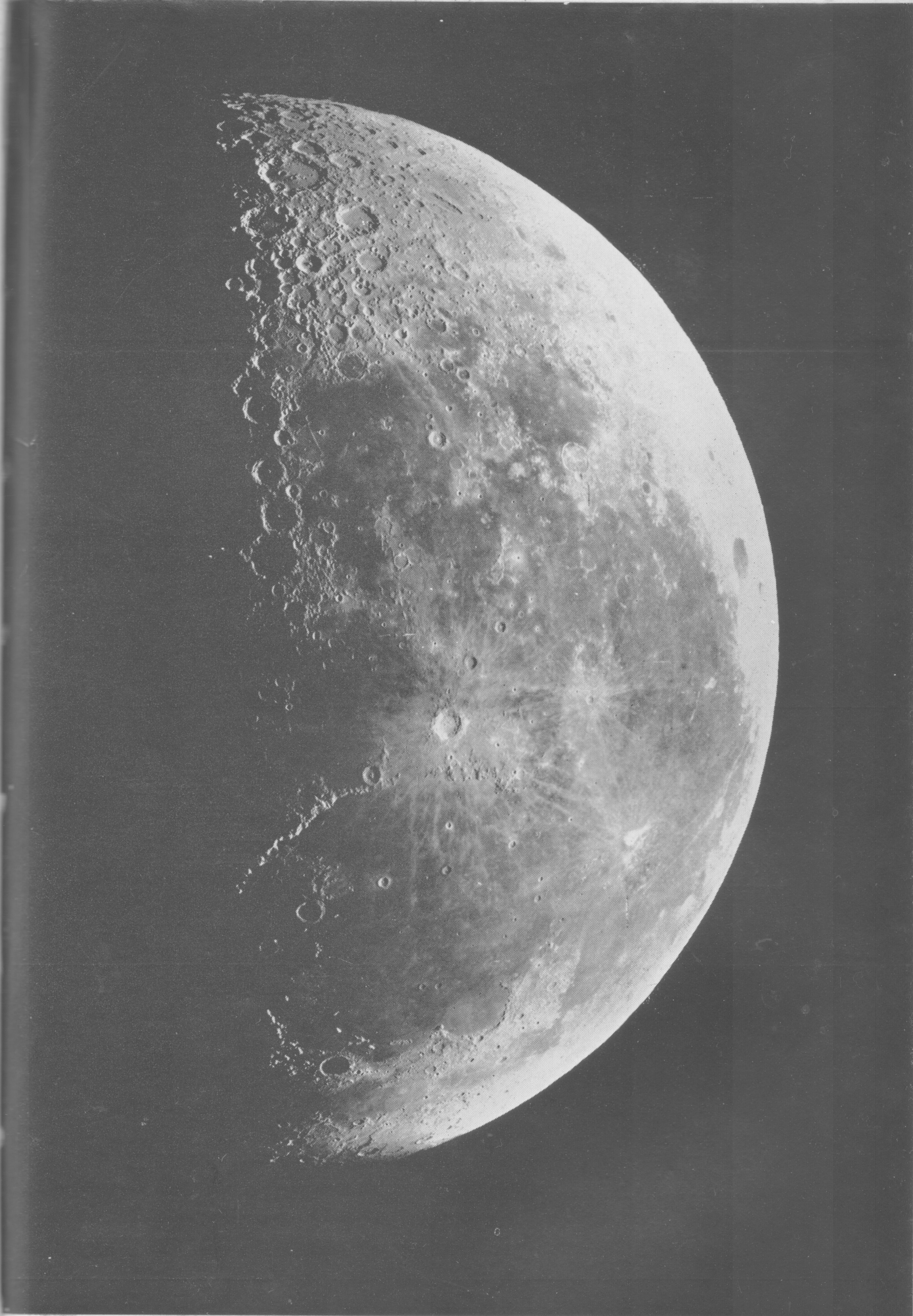


IIa. Twee amateurkijkers; boven die van Mak te Sneek, rechts die van de schrijver zelf te Weesp; de laatste met een 80 mm astrocamera.



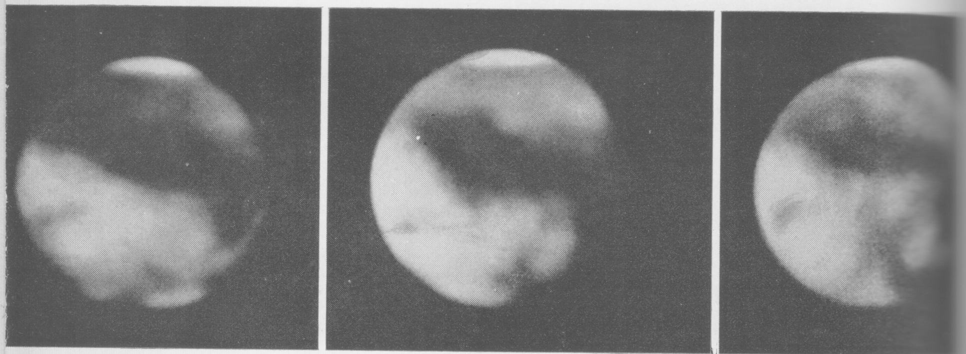


IIb. De sterrenkaart van de amateur na voltooiing volgens de in hoofdstuk II gegeven aanwijzingen.

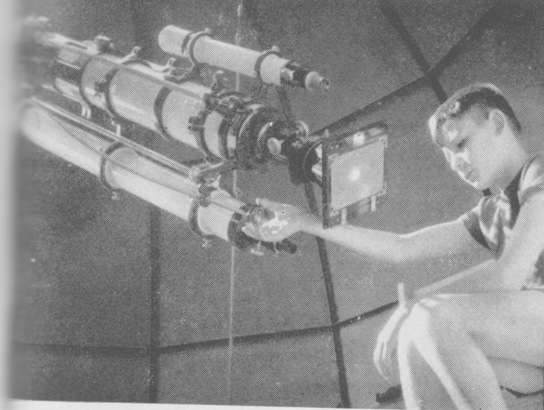
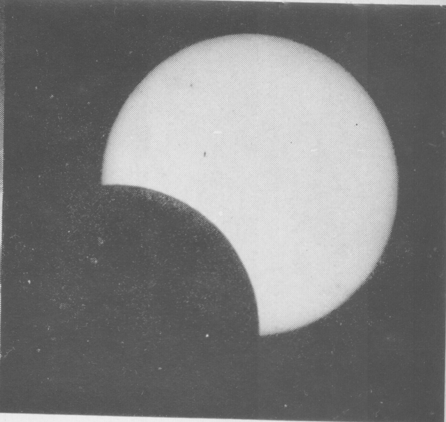


III. De maan omstreeks laatste kwartier (opname met een der grootste refractors ter wereld te Yerkes, 1 m. diameter). De amateur kan al deze details gemakkelijk visueel met een kleine kijker waarnemen.

IVa. De reuzenplaneet Jupiter vertoont interessante details. Bovenstaande opnamen zijn gemaakt op Mount Palomar. Op A en B is de schaduw van een der maantjes te zien, terwijl het bij B zelf ook zichtbaar is rechts van de planeet. De wolkenbanden op Jupiter zijn duidelijk te onderscheiden.



IVb. Drie opnamen van de planeet Mars van dezelfde sterrenwacht. Behalve de donkere vlekken zijn er ook allerlei soorten wolken op te zien.

Va. Zonsverduisteringen kunnen ook zonder kijker worden waargenomen, maar bescherm uw oog door een filter! Door een kijker kan het zonsbeeld geprojecteerd worden op een wit scherm achter het oculair (opname links boven, gemaakt in de sterrenwacht van Meeus). Het plaatje rechts boven is een opname van de gedeeltelijke eclips van 10 september 1942 door Mak.

Vb. Een opname van het onderste gedeelte van Orion met de Orionnevel, gemaakt door de amateur Swijnenburg te Amersfoort met een Agfa 6 bij 12 camera op Kodak Tri-X film.



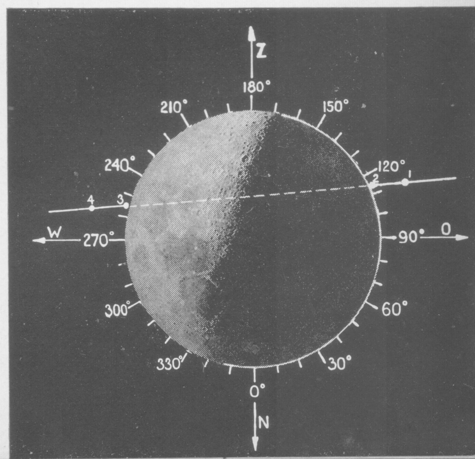
VI. Opname van de Pleiaden met de 80 mm astrocamera op de sterrenwacht van de schrijver te Weesp; de lezer trachte eens de zwakst zichtbare ster te bepalen met behulp van figuur 54.



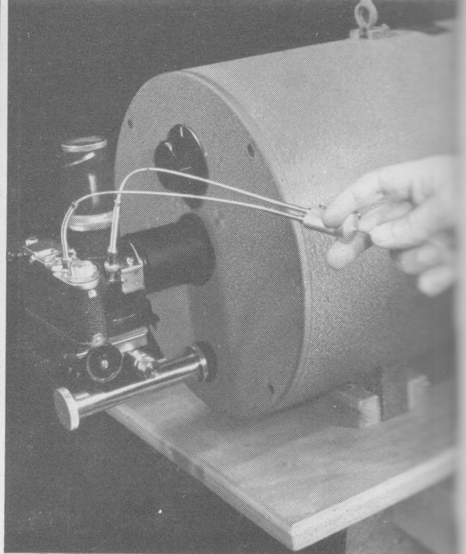


VIIa. Ook nevels kan een amateur wel fotograferen. Boven de Halternevel, een galactische nevel in het Vosje, links de spiraalnevel M 51 een melkwegstelsel op 5 000 000 lichtjaren van ons af in de Jachthonden (beide opnamen van de Amerikaanse amateur Keene uit Rochester).

VIIb. De maan bedekt een ster, die bij 2 achter de donkere maansrand verdwijnt en bij 3 aan de lichte rand weer verschijnt. Het precies waarnemen van beide tijdstippen is van wetenschappelijke waarde en wordt door amateurs van de Werkgroep Bedekkingen uitgevoerd.

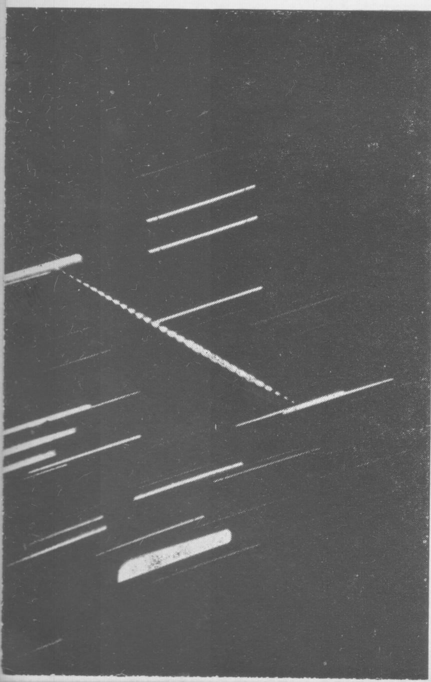


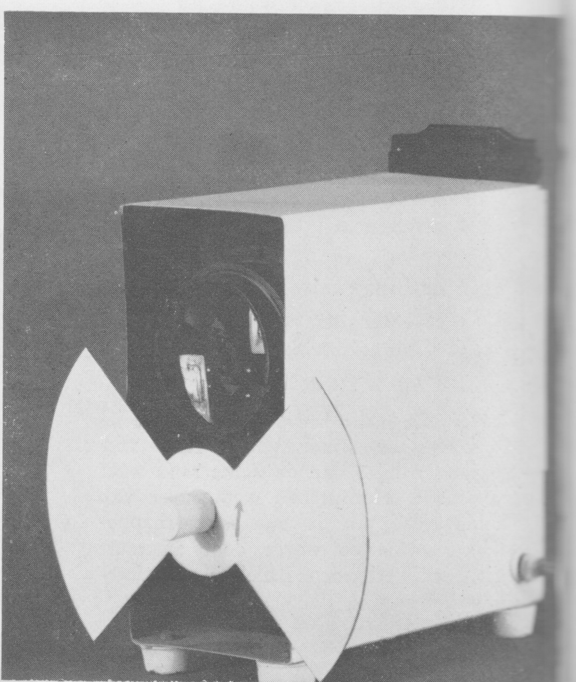




VIIIa. De optische industrie „De Oude Delft" fabriceert een bijzonder lichtsterke spiegeltelescoop, uitstekend bruikbaar voor fotografie met een gewone kleinbeeldcamera er achter (beide opnamen boven).

VIIIb. De Werkgroep Meteoren gebruikt zeer eenvoudige kleine camera's met een roterende sector er voor om vallende sterren te fotograferen. De amateur Alberts te Alkmaar bereikte hiermee een der eerste resultaten: een heldere Geminide in het sterrenbeeld Orion werd op de plaat gevangen (foto links onder). De meteoor is een dikke stippellijn, de sterren zijn streepjes omdat de camera stilstond.





Bibliotheek voor algemene ontwikkeling

In deze nieuwe en fraai uitgevoerde populair-wetenschappelijke serie verschijnen uitgaven, die inwijden in de vele takken van wetenschap en de lezer op de hoogte brengen met de onstuimige ontwikkeling van onze wereld. Door het bezit van deze boeken beschikt men over een schat van kennis, waarin men steeds weer iets kan opzoeken of naslaan. Ieder deel vormt een geheel zelfstandig boek en is ruim geïllustreerd met vele foto's en dikwijls ook figuren tussen de tekst. De boeken zijn gebonden in fraai kunstlederen band met goudopdruk.

Zie voor een beschrijving der verschenen delen hiernaast.

Alle delen zijn afzonderlijk verkrijgbaar bij Uw boekhandel, die U ook kan inlichten omtrent de gunstige intekenvoorwaarden.

Bibliotheek voo

W. D. Müller: WIJ EN DE W
RUIMTE. Over de opmars
mens in het heelal, de fantasi
gisteren, de werkelijkheid va
en de mogelijkheden van m

G. Löwenthal en Dr. J.
ATOMEN VOOR DE VRE
optimistisch boek over de
zame toepassing van de ker
en zijn uitgebreide gebruiks
heden.

Hans Dogigli: DE WOND
RELD DER STRALEN. Een
overzicht over het zich ste
breidende gebied der moder
tronica.

Dr. C. R. Theiler: MOLE
VOOR DE WELVAART. De
in ons dagelijks leven, de ch
industrie, nieuwe kunststoff
onderzoek naar nieuwe ma

Dr. E. Schneider: VAN NU
ONEINDIG. Wiskunde als o
ning, ook voor de niet wi
geschoolden.



Bibliotheek voor algemene ontwikkeling

W. D. Müller: WIJ EN DE WERELDRUIMTE. Over de opmars van de mens in het heelal, de fantasieën van gisteren, de werkelijkheid van heden en de mogelijkheden van morgen.

G. Löwenthal en Dr. J. Hausen: ATOMEN VOOR DE VREDE. Een optimistisch boek over de vreedzame toepassing van de kernenergie en zijn uitgebreide gebruiksmogelijkheden.

Hans Dogigli: DE WONDERWERELD DER STRALEN. Een prachtig overzicht over het zich steeds uitbreidende gebied der moderne elektronica.

Dr. C. R. Theiler: MOLECULEN VOOR DE WELVAART. De chemie in ons dagelijks leven, de chemische industrie, nieuwe kunststoffen, het onderzoek naar nieuwe materialen.

Dr. E. Schneider: VAN NUL TOT ONEINDIG. Wiskunde als ontspanning, ook voor de niet wiskundig geschoolden.

Dr. Ernst Herrmann: ONDERZOEKERS AAN DE POOL. De expedities naar het Noord- én Zuidpoolgebied in één boek, het leven in de poolstations, de bereikte resultaten.

Dr. Georg Gerster: PIONIERS IN DE WOESTIJN. De ontsluiting van de Sahara, zoals de schrijver die meemaakte tijdens een reis van 12.000 km door dit gebied. Zéér rijk geïllustreerd.

Dr. F. Sherwood Taylor: HET AVONTUUR DER WETENSCHAP. De geschiedenis van het wetenschappelijk onderzoek van de vroegste tijden tot heden.

Dr. H. H. Swinnerton: DE LEVENSROMAN VAN MOEDER AARDE. Het ontstaan van aarde, zeeën en gebergten, de klimaten, delfstoffen, de komst van de dieren en de mens.

Albert von Haller: ONS DAGELIJKS BROOD. De wetenschap in dienst van de voeding, de strijd tegen scheurbuik en rachitis, vitaminen, de miskende bacteriën, enz. enz.

